











جامعة حلوان  
كلية الفنون التطبيقية  
قسم الخزف

التحكم فى معالجة الطلاءات الزجاجية للحصول على ملاس لمنتجات الخزف  
الفنى  
**Controlling of Glaze's treatment to produce Textures  
on Art Ware products**

بحث مقدم للحصول على درجة الماجستير

الدارسة  
لبنى محمد أحمد الشوره

هيئة الإشراف

أ . م . د / سهير صلاح الشامى  
أستاذ مساعد بقسم الخزف

أ . د / عمر محمد عبد العزيز  
أستاذ بقسم الخزف

2002م



جامعة حلوان  
كلية الفنون التطبيقية  
قسم الدراسات العليا

قرار لجنة المناقشة والحكم

في البحث المقدم من الدارسة / لبنى محمد أحمد الشورة  
للحصول على درجة الماجستير في الفنون التطبيقية  
في تمام الساعة الحادية عشرة من صباح يوم الخميس الموافق ٢٠٠٢/١٢/١٩م إجتمعت في مبنى الكلية  
للجنة المعتمدة من.أ.د. نائب رئيس الجامعة لشئون الدراسات العليا والبحوث بتاريخ ٢٠٠٢/٥/٢٨م

والمشكلة من السادة :

أ.د./جمال الدين الحنفى

أستاذ متفرغ بقسم الخزف .

أ.د./عمر عبد العزيز

أستاذ بقسم الخزف .

أ.م.د./سهير صلاح الشامى

أستاذ مساعد بقسم الخزف .

أ.د./دريه محمد إبراهيم

أستاذ متفرغ بالمركز القومي للبحوث .

وناقشت اللجنة علناً البحث المقدم من الدارسة والمعتمد تسجيله من السيد الأستاذ الدكتور / نائب رئيس  
الجامعة لشئون الدراسات العليا والبحوث بتاريخ ١٩٩٩/٤/٨م وعنوانه :

"التحكم في معالجة الطلاءات الزجاجية للحصول على ملابس لمنتجات الخزف الفنى"

وبعد مناقشة الدارسة علناً في موضوع البحث .....

وبعد الإطلاع على نتيجة الدراسات التطبيقية .....

وبعد المداولة .....

قررت اللجنة بإجماع الآراء التوصية بمنح الدارسة/ لبنى محمد أحمد الشورى درجة الماجستير في الفنون  
التطبيقية تخصص الخزف .

أعضاء لجنة المناقشة والحكم

عضواً من الداخل ومقرراً

مشفراً

مشفراً

عضواً من الخارج

أ.د./جمال الدين الحنفى

أ.د./عمر عبد العزيز

أ.م.د./سهير صلاح الشامى

أ.د./دريه محمد إبراهيم

أستاذ متفرغ بالمركز القومي للبحوث .

BIBLIOTHECA ALEXANDRINA

مكتبة الاسكندرية





## "شكر وتقدير"

أحمد الله الفتح العليم الذى فتح لى طريق العلم والمعرفة وهدانى إلى إنجاز البحث بهذه الكيفية.

وأقدم بخالص الشكر والتقدير لهيئة الإشراف الأستاذ الدكتور الفاضل/ عمر محمد عبد العزيز الأستاذ بقسم الخزف لإشرافه على البحث وتوجيهى بإرشاداته التى ساعدتني على إتمام البحث.

وأستاذتى الجليلة الفاضلة الدكتورة/ سهير صلاح الشامى الأستاذ المساعد بقسم الخزف لما كان لها من دور كبير فى تقديم يد العون لى على المستوى العلمى والإنسانى والمعنوى، ومتابعتها العلمية المستمرة للبحث فى مراحلها المختلفة وعدم إخبارها وسعاً فى تقديم الوقت والمجهود والفكر حتى يظهر البحث بصورة جيدة وتزويدها لى بالمراجع العلمية اللازمة من مكتبتها الخاصة ومتابعتى وتوجيهى بكل إخلاص وتفانى خلال مراحل البحث.

وأوجه بجزيل الشكر للأستاذ الدكتور/ جمال الدين الحنفى الأستاذ المتفرغ بقسم الخزف والأستاذة الدكتورة/ دريه محمد محمود إبراهيم الأستاذ المتفرغ بالمركز القومى للبحوث على قبولهم مناقشة البحث.

وأقدم بالشكر لكل العاملين بالشركة العامة للخزف والصينى الأستاذ الكيمياء/ فاضل محمد فريد رئيس قطاع الجودة والبحوث ، وكل العاملين بمعمل الصحى بالشركة وبخاصة المهندس/ هشام كمال . لتقديمهم مساعدات كبيرة كان لها دور هام فى البحث.

وأوجه بالشكر والعرفان إلى كل أفراد أسرتى والدتى وأخوتى وزوج أختى ، وبخاصة والدتى التى لها كل التقدير والعرفان بالجميل على توجيه خطواتى المعرفية إلى مجال البحث والتى كانت لها عظيم الأثر فى إنهائه بالشكل اللائق.

وبعد إتمام البحث بفضل من الله فإننى أهديه إلى هيئة الإشراف وإلى كل أفراد أسرتى وإلى روح والذى رحمه الله الذى اتخذهُ رمزاً لى فى الجد والمثابرة.

وبالله التوفيق



## مقدمة :-

تعتبر الطلاءات الزجاجية عنصراً هاماً في مجال الخزف وتبدو أهميتها بوضوح من حيث كونها المسؤولة عن إعطاء القيمة الجمالية للمظهر الخارجى لجميع المنتجات الخزفية المجسمة والمسطحة منها بحيث تكون ذات تأثير لوني وملامسي متعدد.

والطلاء الزجاجي في صورته الأساسية عبارة عن طبقة رقيقة من مواد كيميائية تتوافق بعد معالجتها حرارياً مكونة شبكة زجاجية ذات خواص محددة تمكننا من الحصول على تأثيرات فنية برؤية الفنان تتحول الى قيم فنية راقية .

والطلاءات الزجاجية بما تعطيه من قيم بصرية وملامسية من خلال الشفافية "Transparency" و "Opacity" ، اللامعان "Brightness" والإتفاء "Mattness" ، اللون "Colour" ، التجميع "Crawling" ، التصدع "Crazing" ، والتشقق "Crackling" تعتبر أحد الموضوعات التي تستحق الدراسة . بما يمكن أن نثرى به مجال الأسطح الخزفية بأشكال تعتمد على القيمة الفنية للملامس بأنواعها المختلفة .

ومن أهم الملامس : التجميع "Crawling" ، التصدع "Crazing" ، التشقق "Crackling" ، البثور "Blistering" ، الغليان "Boiling" ، ، الثقوب الابرية "Pin holing" ، الحفر "pitting" ، التقشير "Peeling" ، التشظي "Shivering" ، والتخريز "Bittiness" .

## مشكلة البحث :

— كيف يتم عمل نوعيات من الخزف الفني عن طريق معالجة الطلاء الزجاجي .

— كيف يتم معالجة الطلاء الزجاجي على شكل خزفي ثابت ( الشكل المجسم ) بروى فنية مختلفة من خلال العوامل المحيطة به .

## هدف البحث :

— دراسة تجريبية على بعض عيوب الطلاء الزجاجي وتقديمها بصورة جمالية .

— إيجاد نوعيات من الخزف الفني عن طريق جماليات الملمس بأنواعه المختلفة

## فروض البحث :

— يمكن عمل إتجاه فني عن طريق عملية الإعداد والتحضير للجسم .

— يمكن عمل إتجاه فني عن طريق عملية الإعداد والتحضير للطلاء .

— يمكن عمل إتجاه فني عن طريق عملية الحريق للجسم .

— يمكن عمل إتجاه فني عن طريق عملية الحريق للطلاء .



- يمكن عمل إتجاه فنى عن طريق اختلاف نوع الجسم .
- يمكن عمل إتجاه فنى باستخدام الطرق المختلفة لتطبيق الطلاء .
- يمكن عمل إتجاه فنى عن طريق أنواع الوقود المستخدم .
- يمكن عمل إتجاه فنى عن طريق نوع الفرن .
- وتطبيق نظرية الثابت والمتغير لتلك العوامل .

#### حدود البحث :

- استخدام طلاءات زجاجية يمكن التحكم فى اظهار تأثيراتها الفنية تتم تسويتها فى مدى حراري (١٠٥٠°م : ١٢٥٠° م) .
- عمل تجارب خاصة بالدراسة لطلاءات زجاجية يمكن التحكم فى اظهار تأثيراتها الفنية.
- تعنى الدراسة بتناول العيوب التالية : التجميع ، التشقق ، البثور ، الغليان .

#### أهمية البحث :

- إيجاد مظهر جمالي للمنتج الخزفي ينبع من الملابس المختلفة للطلاءات الزجاجية .
- عرض بعض عيوب الطلاءات الزجاجية المتعارف عليها من خلال دراسة تكنولوجية لفنون التطبيق .

#### منهجية البحث :

- الاتجاه المنهجى الذى سيتم إتباعه فى إجراء البحث هو المنهج التجريبي .

## المحتويات

5:1	مقدمة تاريخية عن الانواع المبكرة من الطلاءات الزجاجية
1	تاريخ الطلاءات
2	الطلاءات الرصاصية
2	طلاءات الرمال
3	الطلاءات الطينية
3	الطلاءات الفلدسبارية
4	طلاءات البخار

## الباب الأول

### تصنيف الطلاءات الزجاجية وجمالياتها

27:8	الفصل الأول
8	تصنيف الطلاءات الزجاجية
8	أولاً: أ- التصنيف تبعاً لدرجة الشفافية
9	الشفافية والإعتماد
9	الطلاء الشفاف
9	الطلاء نصف المعتم
10	الطلاء المعتم
10	ب- 1- كيفية الحصول على طلاء ذو إعتماد جيد
11	ب- 2- كيفية الحصول على طلاء نصف معتم
12	ج- عيوب لها صلة بالشفافية
12	فقدان الشفافية
13	التغير في العتامة
13	ثانياً: أ- التصنيف تبعاً لدرجة اللمعان
13	اللمعان والإنطفاء
15	كيفية الحصول على إطفاء جيد لسطح الطلاءات
15	ب- عيوب لها صلة باللمعان
15	التغير في اللمعان

16	التغير في الإنطفاء
17	ثالثاً: أ- التصنيف تبعاً للون
17	ب- عيوب في الطلاء لها صلة باللون
17	الاختلاف في درجة اللون الواحد
20	التغير في اللون
22	البقع الملونة
24	رابعاً: التصنيف تبعاً للملمس
24	أ- النعومة والخشونة
	ب- الملمس في السطح الخزفي
24	نتيجة لإضافة المواد الخام لكلاً من الطينة والطلاء
24	- المواد التي تضاف للطينة
26	- المواد التي تضاف للطلاء
27	ج- عيوب في الطلاء لها صلة بالملمس
32:28	الفصل الثاني
28	مواد الفن وجماليات الطلاءات الزجاجية
28	أولاً: الخط
29	ثانياً: اللون
29	التدرج في اللون
29	درجة اللون
29	طبيعة اللون
31	ثالثاً: الملمس

## الباب الثاني

### عيوب الطلاءات الزجاجية والعوامل المحيطة بها

70 :33	الفصل الاول
	كيفية حدوث بعض عيوب الطلاءات الزجاجية
34	1-التجميع
34	تعريف
34	أنواع الطلاءات التي لها قابلية للتجميع

40 :35	الأسباب التي تؤدي إلى ظهور التجميع
40	2-التصدع
40	تعريف
41	ميكانيزمية التصدع
41	نوعية الأجسام التي تناسب التصدع
48 :42	الأسباب التي تؤدي إلى حدوث التصدع
51 :48	السيوليك ودرجة التصدع
52	خامات تقاوم ظهور التصدع
53	الطرق الفعالة للحصول على التصدع
54	3-التشريح
54	3-1-شرح في الجسم بعد الجفاف والحرق
54	3-2-شرح في سطح الجسم المطلي بطلاء زجاجي
55	3-2-التشق أو التشريح
55	تعريف
55	نوعية الطلاءات والأجسام التي تناسب التشقق
56	تقنيات الحصول على التشقق
57	4-البثور والغليان
57	4-1-البثور
57	تعريف
58	نوعية الطلاءات التي لها قابلية لحدوث التنبثر
60 :59	الأسباب التي تؤدي إلى ظهور البثور
60	4-2-الغليان
60	تعريف
60	العوامل التي تؤدي إلى ظهور الغليان في الطلاء
61	الخامات التي تؤدي إلى ظهور البثور والغليان
62	5-التقوب الإبرية والحفر
62	تعريف
62	نوعية الطلاءات التي لها قابلية لظهور التقوب والحفر
65 :63	العوامل التي تؤدي إلى ظهور التقوب والحفر

66	6-التشهير
66	تعريف
67 :66	أسباب حدوثه
67	7-التشظى
67	تعريف
68	أنواع الأجسام التي يحدث عليها التشظى
68	أسباب حدوث التشظى
68	8-الإنفخاخ
68	تعريف
69	نوعية الأجسام التي تناسب الإنفخاخ
69	أسباب حدوث الإنفخاخ
70	9-التخريز
73:71	الفصل الثاني
	الأسباب العامة التي تؤدي الى ظهور عيوب فى الطلاءات الزجاجية
71	عيوب تنشأ بسبب تركيب الطلاء
71	عيوب تنشأ بسبب الطحن غير الصحيح للطلاءات
72	عيوب تنشأ بسبب الترسيب فى معلق الطلاء
73	عيوب تنشأ من تطبيق الطلاء
	الباب الثالث
	خامات وأكاسيد الطلاءات الزجاجية المستخدمة فى مجال الدراسة
78:74	أولاً: المواد الخام المستخدمة فى مجال الدراسة
74	الفلدسبار
75	الفلدسبار الصوديومي
76	الفلدسبار البوتاسيومي
76	الكاولين
76	الدولوميت
77	التلك
77	كربونات الكالسيوم

77	كربونات المغنيسيوم
78	كربونات البوتاسيوم
78	كربونات الصوديوم
78	حمض البوريك
78	البوراكس
78	الكوارتز
89:79	ثانياً: الأكاسيد ووظيفتها في تكوين الطلاءات الزجاجية
79	أكاسيد الطلاء
81	1-الأكاسيد القاعدية
81	أكسيد الصوديوم
82	أكسيد البوتاسيوم
82	أكسيد الكالسيوم
84	أكسيد المغنيسيوم
85	2-الأكاسيد المتعادلة
85	أكسيد الألومنيوم
87	3-الأكاسيد الحامضية
87	أكسيد البورون
88	السيليكا

#### الباب الرابع

##### الطريقة العملية للحصول على التأثيرات الفنية محل الدراسة

104:90	أولاً: حساب المعادلات الأولية الأساسية للبحث وتعديلاتها
91:90	حسابات التزجيج
94:92	المعادلات الأولية الأساسية هـ ، جـ ، ب ، أ ، د
	رسم تخطيطي
95	يوضح ترتيب مراحل البرنامج التطبيقي للدراسة التجريبية للبحث
96	المجموعة هـ
97	المجموعة جـ

98	المجموعة بـ
99	المجموعة أ
100	المجموعة د
103 :101	طريقة تحويل القانون المكافئ إلى وزن كمي
104	الطريقة النظرية لحساب معامل التمدد الحراري للطلاء
126 :105	ثانياً: التطبيقات
105	مراحل تجهيز الجسم والطلاء للتطبيق
	جداول الإحلالات ومواصفات التشغيل
107	جدول رقم (0)
110	جدول رقم (1)
112	جدول رقم (2)
113	جدول رقم (3)
115	جدول رقم (4)
115	جدول رقم (5)
117	جدول رقم (6)
119	جدول رقم (7)
120	جدول رقم (8)
121	جدول رقم (9)
123	النسب المئوية للمواد الخام المستخدمة لتنفيذ البرنامج
150:127	ثالثاً: التطبيقات الفنية
153:151	نتائج البحث
156:154	مراجع البحث
158:157	ملخص البحث
160:159	ملخص البحث باللغة الإنجليزية



## فهرس الأشكال

### الأشكال التاريخية

6	— شكل (1)
6	— شكل (2)
6	— شكل (3)
6	— شكل (4)
7	— شكل (5)
7	— شكل (6)
7	— شكل (7)

### نماذج لمعرب الطلاءات الزجاجية

34	— شكل (8)
34	— شكل (9)
40	— شكل (10)
45	— شكل (11)
49	— شكل (12)
55	— شكل (13)
57	— شكل (14)
66	— شكل (15)
70	— شكل (16)

### جدول رقم (0)

108	— شكل (1-0)
108	— شكل (2-0)
108	— شكل (3-0)
108	— شكل (4-0)
109	— شكل (5-0)
109	— شكل (6-0)
109	— شكل (7-0)

### جدول رقم (1)

111	— شکل (1-1)
111	— شکل (2-1)
111	— شکل (3-1)
111	— شکل (4-1)
111	— شکل (5-1)
111	— شکل (6-1)
	جدول رقم (2)
114	— شکل (1-2)
114	— شکل (2-2)
	جدول رقم (3)
114	— شکل (1-3)
114	— شکل (2-3)
114	— شکل (3-3)
	جدول رقم (5)
118	— شکل (1-5)
118	— شکل (2-5)
118	— شکل (3-5)
118	— شکل (4-5)
118	— شکل (5-5)
	جدول رقم (6)
118	— شکل (1-6)
	جدول رقم (8)
122	— شکل (1-8)
122	— شکل (2-8)
122	— شکل (3-8)
	جدول رقم (9)
122	— شکل (1-9)
122	— شکل (2-9)
122	— شکل (3-9)

126	— شكل (10-1)
126	— شكل (10-2)
126	— شكل (10-3)
126	— شكل (10-4)
126	— شكل (10-5)
129	— تطبيق (1)
130	— تطبيق (2)
131	— تطبيق (3)
132	— تطبيق (4)
133	— تطبيق (5)
134	— تطبيق (6)
137	— تطبيق (7)
138	— تطبيق (8)
139	— تطبيق (9)
140	— تطبيق (10)
141	— تطبيق (11)
141	— تطبيق (12)
144	— تطبيق (13)
145	— تطبيق (14)
146	— تطبيق (15)
147	— تطبيق (16)
148	— تطبيق (17)
149	— تطبيق (18)
150	— تطبيق (19)



## مقدمة تاريخية عن الأنواع المبكرة من الطلاءات الزجاجية

تاريخ الطلاءات

الطلاءات الرصاصية

طلاءات الرماد

الطلاءات الطينية

الطلاءات الفلديسبارية

طلاءات البخار



## الأنواع المبكرة من الطلاءات:-

### تاريخ الطلاءات:-

ليس معروفاً كيف أو أين أو متى تم إكتشاف أن بعض المواد الأرضية عندما يتم تسخينها تتصهر لتكون زجاجاً ، ومن غير المعروف على وجه الدقة أيضاً كيف تنبه القدماء إلى أن مثل هذه المواد يمكن إستخدامها على سطح الطين وأنها بعد تسخينها تعطي سطحاً مزججاً معروفاً لدينا بإسم الطلاء الزجاجي.

وأول الأمثلة المعروفة عن السطوح المزججة هي الرعوس المصنوعة من الاستيئاتيت أو التلك في قرية البداري في صعيد مصر ويرجع تاريخها إلى حوالي 5000 سنة ق.م . وهذه المنتجات المصنوعة من الكوارتز والاستيئاتيت مثل التمام والجعلرين والتماثيل الصغيرة كانت تصنع حتى عام 2000 ق.م حتى إستبدلت بخليط عرف بإسم الفاييس المصري .

وكان ذلك المخلوط يتكون من الرمل الناعم الأبيض ممزوجاً بالنترون - وهو صورة موجودة في الطبيعة لملاح كربونات الصوديوم - الذي يعمل كمساعد صهر قوي عند درجات الحرارة المنخفضة ، وهذا الخليط لا يمكن أن يكون لئناً ولذلك كان يشكل في قوالب ويتم التسخين حتى تتصهر الكتلة كلها معاً (1) . شكل (1)

ومع مرور الزمن حدث تطور آخر في العجينة المصرية إذ إستخدم خليط من كربونات الصوديوم والطينة والرمل والنحاس كطبقة تغطي فوق سطح الإناء ثم تحرق في درجة حرارة منخفضة جداً (2) . وهذا التطور الذي حدث في الأزمنة القديمة في مصر نتج عنه أول الطلاءات التي صنعت ووضعت وحرقت بطريقة قريبة الشبه بما يتم الآن. (3)

ونظراً لتوافر رواسب المواد القلوية في الطبيعة في الشرق الأدنى والأوسط فقد داوم الخزافون على إستخدام وتطوير الطلاءات القلوية .(4) وهذه الطلاءات عالية القلوية كانت تميل للتجزيع والتتشير والتسيل من على سطح المنتج وكان لها قابلية للذوبان في أحماض الطعام وقد كان ذلك سبباً في ظهور طلاءات الرصاص. (3)

---

1- Ref .12 - Pp .155      2- Ref .22 - Pp .144

3- Ref .26 - Pp .82      4- Ref 12 - Pp .156



### "Lead Glazes" :- الطلاءات الرصاصية :-

تم التغلب على الكثير من مشكلات الطلاءات القلوية باكتشاف الرصاص كمكون للطلاء وأغلب الظن أن ذلك قد حدث في سوريا القديمة أو في بابل (1) .

وأول تركيبة لطلاء رصاصي تم حل رموزها المكتوبة على لوحة مسمارية وجدت قريباً من تل عمر (Selucia) "سيلوسيا" على نهر دجلة في بلاد ما بين النهرين هي زجاج 243.0، أكسيد رصاص 40.1 ، أكسيد نحاس 58.1، ملح صخري 3.1، حجر جيرى 5.0.

وقد كانت الطلاءات الرصاصية أكثر قابلية للتشغيل وكان يتم تطبيقها في طبقة أكثر سمكاً ولها مظهر أكثر لمعاناً من الطلاءات القلوية (2) . شكل (2)

وفى الشرق الأوسط كان سكان سوريا وبابل قد تعلموا عمل طلاءات رصاصية مختلفة الألوان وذلك بخلط أكاسيد معدنية مثل أكسيد النحاس ، أكسيد الحديد ، أكسيد المنجنيز .(1)

كما قاموا بعمل طلاءات معتمة بإضافة الأنثيمون والقصدير كما فى الطوب الموجود فى الجدران الزخرفية والقصور(2) وفى البلاطات المعمارية والنحت البارز وتمثل هذه الطلاءات تطوراً كبيراً فى صناعة الطلاءات . شكل (3) ووجدت الطلاءات الرصاصية فى الصين، وبعض الطلاءات المبكرة فى تلك البلاد ، ويرجع تاريخها إلى 500 سنة ق.م.(1) شكل (4)

### "Ash glazes" :- طلاءات الرماد :-

قد كان شائعاً فى الأزمنة المبكرة فى الصين الحرق عند درجات حرارة عالية تصل إلى 1200°م ربما كان ذلك قبل 500 ق.م. بينما كانت كل أوانى الشرق الأوسط تحرق عند 1050°م تقريباً أو أقل وكان هذا التطور فى الصين عن طريق عمل فرن الغرفة ذات التيار الهابط "Down-draft chamber kiln" والذى كان يحتفظ بدرجة الحرارة فى حرق الخشب بدلاً من تركها تخرج من المدخنة ، ونتيجة لإستخدام هذه الأفران تمكن الصينيون من إبتكار أنواع جديدة من الطلاءات كانت تتصهر عند درجات حرارة عالية. (1) وربما كان أول طلاء رماد قد حدث عرضاً بسبب (3) رماد الخشب الذى ينتج خلال الحرق فى الفرن بواسطة تيار النار ويرسو على الأوانى ويكون طلاءً على سطحها .

1- Ref .26 - Pp .82      2- Ref . 12 -Pp .156

3- Ref .22 .-Pp .145

وبعض الأواني الصينية واليابانية القديمة كان بها طلاء فوق جانب واحد فقط ، أو في أعلى

الإناء ويمكن إرجاع ذلك إلى الرماد في غرفة الحريق. (1) شكل (5)

ويختلف الرماد تبعاً للمادة الطبيعية المستخدمة كوقود سواء كانت الخشب أو قش الأرز أو مادة عضوية خضرية أخرى وعادة ما يحتوى الرماد على كمية كبيرة من السيليكا من 30% : 70% ، ومن 10% : 15% ألومينا مع نسب بسيطة من مواد أخرى مثل أكسيد البوتاسيوم و أكسيد الكالسيوم و أكسيد المنجنيز. ومعظم الرماد سوف ينصهر إلى طلاء مظهره يشبه الماء عند حوالي 1285° م ويمكن الحصول على طلاء رماد أفضل من ناحية الجودة عن طريق خلط الرماد مع كميات صغيرة من الطين، الفلدسبار، الحجر الجيري (2) .

### الطلاءات الطينية "Slip glazes"

وجد الخزافون أن بعض الطينيات مثل طينيات الخزف الأرضي الحمراء تنصهر في الفرن وتكون زجاجاً بنى اللون. ومثل هذه الطينيات قابلة للإنصهار نسبياً ويرجع ذلك إلى وجود أكسيد الحديد وشوائب أخرى ضمن مكوناتها وقد أوجد ذلك نوعاً من الطلاءات يصنع كله أو معظمه من الطينة، وبعضاً من الطلاءات الصينية القديمة والجميلة هي من ذلك النوع "Slip glaze" (1) . وعند وضع كمية صغيرة من الطينة الجافة في طبق محروق بسكويت والحرق عند درجة حرارة معينة فإذا إنصهرت كلياً يمكن استخدامها كطلاء بدون تعديل أو كطلاء سابق الصهر frit لتخفيض نقطة انصهار هذا الطلاء .

ويتم تطبيق الطلاء الطيني عندما تكون القطعة في مرحلة جفاف الجلد Leathering حتى ينكمش الجسم والطلاء بالتساوي، وإذا تم التطبيق في مرحلة لاحقة من جفاف الجسم يمكن أن يتشقق الطلاء عند الجفاف ويتجمع عند الحريق. (3)

### الطلاءات الفلدسبارية. "Feldspathic glazes"

وهي طلاءات تتكون من الفلدسبار بمفرده أو يكون الفلدسبار أكبر مكوناتها ونظراً لأن هذه الطلاءات تتطلب درجة حرارة حريق مرتفعة حتى تنصهر فلذلك ظل إنتاجها قاصراً على الخزافيين الآسيويين قرابة 2000 سنة (1) .

1- Ref.26 Pp.83      2- Ref.22 Pp.145

3- Ref.22 Pp.146

وعند إستخدام الفلدسبار بمفرده كطلاء زجاجى يعطى طلاء بلون أبيض لبنى (حليبي) وبعضاً من الخزف المبكر كان يطلى بهذه الطريقة(1). شكل (6)،(7)

وعندما ظهر التشقق كأحد عيوب الطلاء فى الطلاءات الفلدسبارية القديمة كان الخزافون الأوائل غافلين عن العلاقة بين تركيب الطلاء والتشقق، ثم أصبح هذا التشقق جزءاً من العملية الفنية عندما تفهم هؤلاء الخزافين هذه الظاهرة وأكدوا تلك التشققات بحك الفحم أو أى مادة معدنية ملونة فيها ولقد شبه الخزاف الصينى المبكر الطلاءات الفلدسبارية المتشققة كالآتي:-

- كمخلب سرطانى "crab's-claw" إذا كان خشناً.

- أو كبيض السمك "fish-roe" إذا كان ناعماً (2).

ومجموعة الأوانى الصينية القديمة التى يطلق عليها اسم أوانى (Ko) هى عبارة عن أوانى ذات طلاءات فلدسبارية سيلادونية متشققة وداكنة من عهد أسرة سونج "Sung" الصينية.(3) والتشقق فى الأساس ظاهرة صينية يرجع تاريخها إلى عهد أسرة سونج "Sung" وهناك حكايات متنوعة عن الطرق المستخدمة لإنتاج هذا التشقق (4).

وفى إحدى رسائل بيردانتركول الصينى "Pere D'entrecalles" ما يلى:-

" يجب ملاحظة أنه عندما يضاف إلى البورسلين الطلاء المكون من الزلط الأبيض - وليس طلاء آخر - يتحول الإناء ليصبح نوعاً خاص يعرف باسم تسوى - كي Tsouï Ki (سوى كي = إناء متشقق ) وهو طلاء متشقق كله فى كل اتجاه إلى عدد لانهاى من العروق، وإذا رأيته عن بعد يبدو وكأنه بورسلين مكسور وكل الكسرات التى به بقيت فى مكانها ويشبه أعمال الموزاييك ، واللون الناتج من هذا الطلاء هو لون أبيض يميل إلى لون الرماد بدرجة طفيفة.(5) وقد كان الخزافون الصينيون قادرين على التحكم فى حجم وطبيعة التشقق إلى درجة كبيرة .

### طلاءات البخار. "Vapor glazes"

فى القرن الثانى عشر الميلادى تم إكتشاف طينيات حرارية "Refractory clays" وأنتج الخزف الحجرى "Stoneware" فى بلاد نهر الراين ، وبعدها بمائتى عام أى فى القرن الرابع عشر الميلادى تم إكتشاف أن ملح الطعام الذى يستخدم فى المنزل إذا تم قذفه(6)

1- Ref. 26 Pp .83      2- Ref. 10 Pp .21      3- Ref. 13 Pp .43

4- Ref. 21 Pp .197      5- Ref. 21 Pp .198      6- Ref. 12 Pp .159

داخل الفرن عندما يكون عند أعلى درجة حرارة حريق يتطاير الصوديوم الذى يتحد مع السيليكا والألومينا الموجودة فى الجسم ليكون طبقة زجاجية فيلمية رقيقة وقوية بدون لون على سطح الإناء ويترحرر الكلور فى الجو وقد تم استخدام الطلاء الملحى فى بادىء الأمر فى هولندا والمانيا ثم تم إستخدامه بعد ذلك فى بريطانيا فى القرنين السابع عشر والثامن عشر.(1) ومعظم الخزف الحجرى الذى كان يصنع فى الولايات المتحدة الأمريكية كان مطلى بطلاء ملحى فوق زخارف من أزرق الكوبالت (2). وقد إنتقلت تقنية الطلاء الملحى إلى أمريكا بواسطة الخزافين المهاجرين وأصبح الأساس لطراز محلى من الألوان الجميلة (1).

من خلال إستعراضنا لتاريخ الطلاءات نجد أن عملية إكتشاف الطلاء فى حد ذاتها قد حدثت على سبيل المصادفة. فالأساطير تحكى أن ناراً إشتعلت فى أعشاب البحر على رمال الشاطئ وجُد بعدها كتلاً من الزجاج بين الرمال. وأساطير أخرى تتحدث عن أحجار الطحين المصنوعة من المالاشيت التى عندما تم تسخينها فى وجود مادة قلوية إكتسبت سطحاً مزججاً. (3)

وتسلسل ظهور أنواع الطلاءات يوضح أن ظهور أى نوعية من الطلاءات الجديدة كانت تحدث عرضاً بسبب وجود مشكلات أو عيوب أو عدم ملائمة فى الطلاءات التى كانت تستخدم وكان ذلك يتم فى إطار المحاولة والخطأ . والتأثيرات الشيقة الجميلة فى الطلاءات الزجاجية لم يخرعها الإنسان وإنما تعثر فيها نتيجة لكثرة التجريب وحركة التطور الطبيعية للأشياء فى محاولة للوصول إلى نتيجة محددة .

---

1- Ref . 12 Pp .159

2- Ref . 24 Pp .254

3- Ref . 12 Pp .155





شكل (2)

قارورة مطلية بطلاء زجاجي قلوي من مصر ، و  
قدح مطلي بطلاء زجاجي رصاصي من الأناضول  
كلاهما يرجع الى 100 سنة ق.م .



شكل (1)

قدحان من الفايانس المصري يرجعان إلى  
1300 سنة ق.م .

1- Ref.8 Pp.9

2- Ref.8 Pp.26

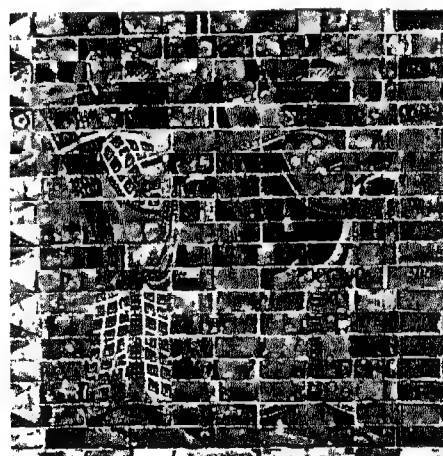
3- Ref.8 Pp.10

4- Ref.8 Pp.28



شكل (4)

قدح من الصين ذو طلاء زجاجي رصاصي  
يرجع إلى 100 سنة ق.م .

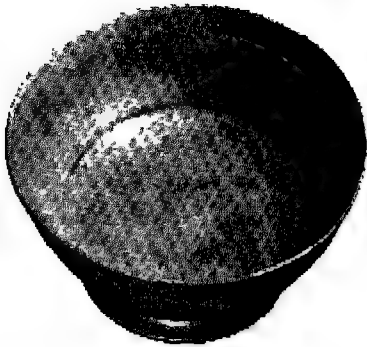


شكل (3)

طوب مغطي بطلاء زجاجي متعدد الألوان بقصر  
داريوس ، سوسة يرجع لحوالي 500 ق.م .







شكل (6)

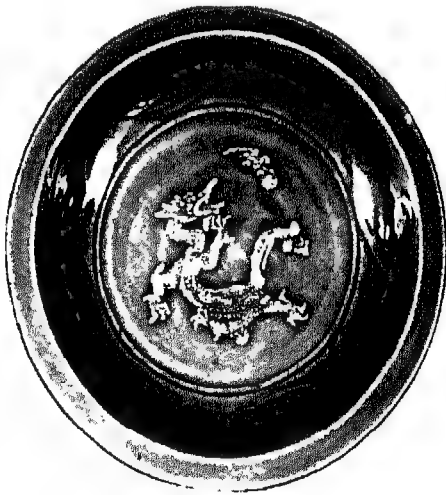
قصعة من الخزف الحجري الصيني من اوانى  
يوح ذات طلاء زجاجى اخضر يتكون من  
الرماد النباتى مع الفلدسبار 700 م



شكل ( 5 )

آنية من الخزف الحجري من الصين تم تشكيلها  
على العجلة. مطلية بطلاء يتكون من القلويات مع  
السيليكا المشتقة من رماد النباتات . وربما يكون  
مصنوعاً من الفلدسبار المطحون طحناً ناعماً أو  
خليطاً من الاثنين معاً 300 م.

5- Ref.8 Pp .29 6- Ref.8 Pp .30  
7- Ref.8 Pp .37



شكل (7)

قصعة من نوع سيلادون لانيج - شوان  
مطلية بطلاء زجاجى يتكون من الرماد النباتى  
والفلدسبار 1100 م.



## الباب الأول

\* تصنيف الطلاءات الزجاجية

\* مواد الفن والقيمة الجمالية للطلاءات الزجاجية



## الفصل الأول

### تصنيف الطلاءات الزجاجية

أولاً:- التصنيف تبعاً لدرجة الشفافية

ثانياً:- التصنيف تبعاً لدرجة اللمعان

ثالثاً:- التصنيف تبعاً لدرجة اللون

رابعاً:- التصنيف تبعاً لدرجة اللمس



## تصنيف الطلاءات الزجاجية

يمكن تصنيف الطلاءات تبعاً لخواص الطلاء التي تؤثر على القيمة البصرية واللامسية للطلاء تأثيراً كبيراً منها درجة الشفافية ، اللمعان ، اللون ، الملمس.....، وتحت كل خاصية من تلك الخواص تدرج نوعيات مختلفة من الطلاءات ، ويمكننا تصنيفها كما يلي :-

### أولاً : - التصنيف تبعاً لدرجة الشفافية.

#### أ - الشفافية "Transparency" والإعتام "Opacity"

للطلاءات ملامس وألوان عظيمة التنوع والمواد الخام المستخدمة ومعالجات الحريق التي تحدد عدداً لا يحصى من الملامس والألوان يجب أن تكون مفهومة لدى الخزاف . ومن الممكن إعتبار الشفافية هي الحالة العادية للطلاء وذلك إذا تم حريق الطلاء حتى ينضج وحتى تصل كل الأكاسيد الداخلة في تركيبه إلى حالة الإنصهار الكامل ، يكون الطلاء الناتج هو طلاء صافى وشفاف (1) .

وبريق الطلاءات ومن ثم عتامتها ، يمكن أن ينشأ من خليط من إنعكاسات معاملات الإنكسار المختلفة ، وهذه الظاهرة تحدث عادة في الطلاءات ذات المحتوى العالي من أكسيد البورون والتي يكون لها ملمس حليبي أبيض مائل للزرقة ، في هذه الحالة فإن الطلاء يكون له خاصية تشتيت الضوء الذي يمر من خلاله ، وذلك يجعله معتماً.

والعديد من الطلاءات حتى التي لا تحتوى على مواد العتامة تكون في حد ذاتها معتمة. فالطلاءات التي لم تصل إلى درجة النضج "under fired" - على سبيل المثال - تكون معتمة بسبب الإنصهار غير الكامل لمكونات الطلاء . عندما ينتهي الحريق قبل أن ينصهر الطلاء إنصهاراً تاماً ، فإن بعض المواد غير المنصهرة تنتشر في الطلاء ، وتلك الحبيبات للخامات غير المنصهرة يمكن أن تجعل الطلاء مثل الماء الذي أضيف إليه الغبار ليصبح خليط معتم . والطلاءات التي تكون معتمة لأنها لم تنضج عادة تصبح صافية وشفافة إذا وصل الحريق إلى نقطة الإنصهار الكامل للطلاء .

الفقاعات المحبوسة في الطلاء تؤدي إلى إعتامه ، وهذه الفقاعات المحبوسة تعطي تأثيراً غائماً أو معتماً . هذا التأثير يشبه الرغوة في الماء ، والتي تسبب الإعتام بدون إضافة أى حبيبات صلبة حقيقية . (1)

وتُنتج الفقاعات عادة في للطلاء بسبب خروج الغازات من المواد المتطايرة في الطلاء ، ودرجة الحرارة المرتفعة عادة ما تكمل هذا التفاعل وتجعل الطلاء صافى ورائق وسبب آخر للإعتام هو نمو البللورات في الطلاء عند تبريده من الحالة السائلة إلى الحالة الصلبة . هذه الظاهرة تعرف بإعادة التبلور "Divitrification" . والمواد الصلبة المتبلرة المنتشرة في الطلاء أوفى سطح الطلاء تجعله معتماً ، هذه البللورات يمكن أن تنمو أثناء تبريد الطلاء بسبب وجود السيليكا المفرطة في الطلاء ، أو وجود الروتيل (1) والزنك في الطلاءات التي يكون لها محتوى منخفض من الألومينا أو الكميات الزائدة أو المشبعة من بعض أكاسيد التلوين مثل الحديد أو النحاس ، وعادة فإن وجود الألومينا في الطلاءات يمنع تشكيل البللورات في الطلاء.

وتنتج لعامة إذا زادت بعض الأكاسيد في الطلاء عن حدودها الطبيعية عند أى درجة حرارة معطاه ، فأكسيد الزنك ، أكسيد الكالسيوم ، أكسيد الباريوم ، أكسيد المنجنيز ، أو أكسيد الألومنيوم إذا وجدت بكميات أكبر من كمياتها الطبيعية ستعمل على إعتام الطلاء .

والطلاءات التي تكون معتمة نتيجة للحريق غير الكافي ، أو التلأؤ أو الإنكسار Opalescence، أو إعادة التبلور ، أو عدم التوازن في الأكاسيد يمكن أن تصبح شفافة إذا تم الحريق عند درجة حرارة كافية(2) .

#### أ-1 - الطلاء الشفاف:- "Transparent Glaze"

بعض الطلاءات تكون صافية وشفافة "Clear" ويمكن أن ننظر خلال طبقة الطلاء ونرى الجسم الطينى أو اللبانة تحت الطلاء (1) وتكون الطلاءات شفافة في حالة وجود زخرفة على الجسم أسفل الطلاء أو عندما يكون الجسم نفسه ملون ويكون الطلاء عبارة عن طبقة رقيقة وشفافة تبرز جماليات اللون أو الزخرفة على الجسم . ويعتبر الخزف الأحمر القديم في إنجلترا الجديدة New England خير مثال لتلك النوعية فقد كان يصنع من جسم أحمر برتقالى وباستخدام طلاء رصاصى شفاف يصبح بلون برتقالى براق (3).

#### أ-2 - الطلاء نصف المعتم :- "Semi-Opaque Glaze"

الطلاءات نصف المعتمه هى تلك الطلاءات التي تكشف جزئياً ما تحتها مثل الزجاج القاتم . وهى تعتبر من أكثر الطلاءات جمالاً في الطلاءات . والطلاءات نصف المعتمه(2)

1- Ref .26 Pp .123

2- Ref .26 Pp .124

3- Ref .24 Pp .299



تكشف وتحجب جزئياً في طريقة مشوقة للبطانات أو الطينيات تحتها. ولكن يصعب التحكم فيها ، ولذلك فالبرغم من أنها شائعة الاستخدام مع خزفي الاستديو ، إلا أنها تستخدم قليلاً في الصناعة (1).

### أ-3 - الطلاء المعتم:- “Opaque Glaze”

الطلاءات المعتمه تحجب ما تحتها ، ويمكن أن ينشأ الإعتماد في الطلاءات إما من الطلاء نفسه أو من وجود مواد العتامة في الطلاء (2). وإذا كان من المرغوب فيه تغطية لون الجسم نظراً لأنه داكناً - على سبيل المثال - فتضاف مواد العتامة مثل أكسيد القصدير إلى الطلاء الشفاف ليصبح معتماً كما في خزف دلفت حيث إستخدم طلاء ومينا القصدير ليغطي الجسم الأسمر (تقليداً للبورسلين الصيني) (3). وقد صنعت طلاءات الماجوليكا وطلاءات مينا القصدير بداية في الشرق الأوسط وإستخدما المغاربة في أسبانيا وإستخدمت على الفايانس الإيطالي والفرنسي وكذلك على أواني خزف دلفت الهولندية والإنجليزية، وتعتبر تماثيل ديلاروبيا التي صنعت في إيطاليا في عصر النهضة مثال جيد على ذلك (3).

### ب - 1 - كيفية الحصول على طلاء ذو اعتم جيد .

إذا كان الإعتماد مرغوباً في الطلاء فبدلاً من الحصول على نتائج غير أكيدة فالطريقة الأكثر تأكيداً لتحقيق الإعتماد هي إضافة مواد العتامة ، ومن أكثر مواد العتامة إستخداماً أكسيد القصدير وأكسيد الزيركونيوم . وكلاً من المادتين لها ذوبان منخفض في الطلاء ، ولذلك لا تنصهر بسهولة وتظل في الطلاء للبارد كحبيبات صغيرة معلقة . تلك الحبيبات المعلقة ، غير المنصهرة تجعل الطلاء أبيض أو معتم . وعادة يُضاف أكسيد القصدير وأكسيد الزركونيوم إلى قاعدة الطلاء التي تكون في الأساس صافية وشفافة لإعتمها .

ويعتبر أكسيد القصدير أفضل المواد التي تستخدم كمادة عتامة وقد تم إكتشاف إستخدامه في الشرق الأوسط “Midl East” منذ أكثر من ألف سنة ، ممثلاً تقدماً عظيماً في الخزف لأنه جعل من الممكن الحصول على طلاء أبيض . ويُضفى أكسيد القصدير ملمساً ناعماً وسائغاً على الطلاءات ويزيد جمال الألوان المشتقة من معظم أكاسيد التلوين . أواني طلاء القصدير تتضمن الكثير من الأواني في بروسيا Prussia وأسبانيا ، جنوب أوروبا ، والأواني للريفية لوسط أوروبا (1) .

1- Ref.26 Pp .124

2- Ref.26 Pp .123

3- Ref.24 Pp .299

الطلاء الأبيض المعتم الذي يمكن أن يصنع بإضافة للقصدير إلى طلاءات للرصاص قد قدم خلفية مثالية لزخرفة الماجوليكا "Majolica" حوالي 5% من أكسيد القصدير عند إضافتها لمعظم الطلاءات تجعلها معتم (1). والإضافات الصغيرة من القصدير 1% إلى 3% يمكن أن تجعل الطلاء نصف معتم Semi-opaque وغائم.

أكسيد الزركونيوم أيضاً يعطى إعتاماً للطلاءات ويمكن أن يُستخدم بدلاً من أكسيد القصدير. وعادة ما يتم إضافته كسيليكا زركونيوم ، فيها تكون بعض السيليكا متحدة مع أكسيد الزركونيوم زركوباكس "Zircopax" أو أوباكس "Opax" وهو الاسم التجاري لمثل هذا الإتحاد . وللحصول على نفس درجة العتامة في الطلاءات باستخدام أكسيد الزركونيوم ، فإن ذلك يستلزم نسب أعلى من الأكسيد بدلاً من أكسيد القصدير ، حوالي 7% من أكسيد الزركونيوم سيجعل معظم الطلاءات معتم ، وحوالي 12% منه سينتج طلاءات بيضاء .

ويمكن أن يتم اختيار سيليكا زركونيوم كمادة عتامة نظراً لأنها أرخص من أكسيد القصدير، ويمكن أن تعطى ملمساً أخشن للطلاء ولا تفضل مع الألوان مثلما يفضل أكسيد القصدير. وتكون مادة سيليكا زركونيوم مفيدة كمادة عتامة في الطلاءات التي تحتوي على الكروم ، لأنه إذا تم استخدام أكسيد القصدير سينتج ألوان الوردى أو البنّي التي ربما يكون غير مرغوباً فيها . كما أن أكسيد التيتانيوم النقي له خواص مفيدة كمادة عتامة (2).

## ب -2- كيفية الحصول على طلاء نصف معتم .

أما الطلاءات نصف المعتم فيمكن الحصول عليها بإضافة مادة عتامة كافية فقط حتى تجعل الطلاء غائماً بدون أن تجعله معتم تماماً . ويمكن إعتبار سمك طبقة الطلاء ودرجة حرارة الحريق عوامل مساعدة في الطلاءات نصف المعتم . فإذا تم تطبيق الطلاء تطبيقاً سميكاً بدرجة قليلة يمكن أن يصبح الطلاء معتماً ، وإذا تم تطبيقه تطبيقاً رقيقاً يمكن أن يصبح الطلاء شفافاً ، وإذا تم حريق الطلاء نصف المعتم في درجة حرارة أعلى قليلاً من درجة حرارته الفعلية يمكن أن يصبح الطلاء صافى ثم يصبح شفافاً ، وإذا تم حرقه في درجة حرارة أقل قليلاً من درجة حرارته يمكن أن يصبح الطلاء معتم جداً . ويمكن أن تنتج الطلاءات نصف المعتم من أي من الاعتبارات التي تم ذكرها سابقاً كأسباب للإعتام (2) .

## جـ - عيوب في الطلاء لها صلة بالشفافية

### جـ - 1 - فقدان الشفافية (إعادة التبلور) "Divitrification"

هو التبلور الذي يحدث أحياناً في الطلاءات الشفافية Transparent مما يعطيها مظهراً لبنياً "Milky" ويلاحظ كثيراً عندما تكون طبقة الطلاء سميكة جداً. وكثيراً ما يتلون هذا المظهر للذي يشبه اللبن السائل بلون وردي أو أزرق عندما يستخدم الطلاء فوق أجسام يكون لونها هو الأصفر البرتقالي Buff أو الأحمر.

وينشأ هذا المظهر من تكوين سيليكات الكالسيوم والزنك البلورية في الطلاء أو تكوين بورات الكالسيوم ، ويحدث التبلور عندما يبرد الطلاء المنصهر في 200 °م الأولى تقريباً بعد الوصول إلى درجة حرارة حريق الطلاء ، ولكن عندما تنخفض درجة حرارة الطلاء إلى حوالي 900 °م في طلاءات الحريق العالية ، 750 °م في طلاءات الخزف الأرضي فإن الطلاء عندما يجمد يمنع تكوين البلورات (1) .

والتبلور الذي يحدث في الطلاء أثناء التبريد يكون بسبب السيليكا الداخلة في المكونات الأساسية للطلاء والتي تشكل بلورات دقيقة تشبه الخطوط على السطح ، وعند إضافة كمية كبيرة من أكسيد الزنك لمكونات الطلاء يؤدي ذلك إلى التنشيط من إعادة التبلور لتشكيل مجموعات متبلورة . والطلاء الزجاجي البلوري لا يتكون ذاته من البلورات ولكن تنمو البلورات خلال التركيب الزجاجي للطلاء أثناء عمليات التبريد ، حينما تنفصل بلورات الأكاسيد الأساسية الداخلة في التركيب في صورة مركبات جديدة من الطلاء السائل المحيط بها ، وهذه العملية هي ما يسمى بإعادة التبلور (2).

وتتكون بورات الكالسيوم بالتفاعل بين الكالسيوم الموجود في الجسم وأكسيد البورون الموجود في الطلاء، ومن ثم فإن الطلاءات ذات المحتوى المنخفض من أكسيد البورون سوف تميل إلى تكوين كمية أقل من بورات الكالسيوم . وطلاءات الخزف الأرضي الخالية من الرصاص تتكون إلى حد كبير من البوراكس على هيئة مادة سابقة الصهر ، ولذلك فهي تحتوي على أكسيد البورون بكمية تفوق كثيراً ما تحتوي طلاءات الخزف الأرضي ذات القابلية المنخفضة للذوبان ، وهذا يعنى وجود احتمال أكبر لحدوث فقدان الشفافية في تلك الطلاءات (1).

## جـ -2- التغير في العتامة "Change in Opacity"

تنتج العتامة في الطلاءات نتيجة لوجود البلورات ، أوفقاعات هوائية ، أوجزئيات غير ذائبة أو أى طور زجاجى ذو معامل إنكسار مختلف ، وتأثير العتامة سببه إنعكاس وتشتيت الضوء . وأفضل الطلاءات المعتمة تنتج بإضافة أكسيد القصدير أو الزيركون .

ويستخدم ثانى أكسيد التيتانيوم على نطاق واسع ولكنه يعطى مسحة كريمية أو بني فاتح وإنطفاء للسطح ، وكثيراً ما يستخدم أكسيد الزنك والدولوميت في الطلاءات البيضاء المطفأة. ويعتبر أكسيد القصدير هو أفضل مواد العتامة ولكنه أغلاها . وعندما تستخدم مواد العتامة من الزركون ، الزنك ، المغنسيوم والتيتانيوم فإن درجة الإعتام تتوقف على وجود وقت كافى وسك كافى من الطلاء حتى تنمو البلورات على الوجه الصحيح - كما فى حالة الطلاءات المطفأة . وأى تقليل فى الفترة الزمنية التى يبقى الطلاء مصهور أثناءها أو أى تقليل فى سمك الطلاء سوف يمنع النمو البلوري ويقلل العتامة . وكل الأسباب التى تؤدى إلى تقليل العتامة فى الطلاءات تكون هى نفسها تقريباً مسئولة عن تقليل الإنطفاء فى الطلاءات أيضاً . (1)

## ثانياً : - التصنيف تبعاً لدرجة اللمعان .

### أ -1- اللمعان "Brilliance" والإنطفاء "Mattness"

أسطح الطلاءات يمكن أن تكون ذات لمعان ومعامل إنكسار وبريق عالى أو منخفض ، فعندما يكون سطح الطلاء ينقصه اللمعان والإنعكاس فهو يسمى طلاء مطفى "Matt" . وغالباً ما تكون الطلاءات المطفأة جميلة ، وسطحها ذو مظهر لين بدون بريق عالى أو إنعكاسات مما يزيد جمال الشكل الخزفى.

وعندما يكون سطح الطلاء لامعاً براقاً يرجع ذلك لأن الطلاء عندما ينصهر ينتشر مستوياً فى سطح أفقى ليعطى سطحاً ناعماً ، هذه النعومة فى الطلاءات هى أحد المميزات العملية لها، إذ أن السطح الناعم يكون صحياً ، سهل التنظيف، ولا يأوي القاذورات والجراثيم فى الصدوع والحفر . إذا كان الطلاء لم ينصهر فى الحريق تماماً ، وإذا كانت لزوجة الطلاء عند أعلى درجة حرارة للحريق مازالت عالية فإن سطح الطلاء يصبح خشناً قليلاً ومن ثم (2)

1- Ref. 15 Pp. 94 · 2- Ref. 26 Pp. 125

يكون مطفي بعض الشيء ، والطلاء غير الناضج يكون عادة مطفي ومعتم أيضاً ، ونمو السبلورات في سطح الطلاء أيضاً يسبب الإنطفاء . ومعظم الطلاءات المطفية الجميلة قد تم إنتاجها بهذه الطريقة .

التبريد البطيء بشكل جيد يساعد على إنتاج الطلاء المطفاً ، وبخاصة إذا كان الإنطفاء ناتجاً عن وجود بلورات في الطلاء . مثل هذه الطلاءات تسمى بالطلاءات غير تامة البلورة "Crypto-Crystalline" حتى يمكن تمييزها عن تلك الطلاءات ذات البلورات الكبيرة الواضحة .

إضافة الطينة إلى الطلاءات ستسبب الإنطفاء نظراً لأنها تجعل الطلاءات ذات مواصفات حرارية أكثر ومن ثم لا تنتضج تماماً عند درجة حرارتها الطبيعية ، وعند إضافة الحجر الجيري إلى الطلاء سينتج سطحاً مطفاً ، إضافة أكسيد الباريوم في حدود 2 مكافئ جزيئي سيؤدي إلى الإنطفاء في معظم الطلاءات . والطلاءات التي يتم إطفائها باستخدام أكسيد الباريوم يكون لها مظهر ناعم وبارد وتكون ذات ملمس سائغ .

الطلاءات الرصاصية التي يتم إطفائها بإضافة أكسيد الباريوم هي طلاءات مفضلة لدى خزافي الاستديو ، ومن الممكن أن لا يحدث إنطفاء في الطلاءات ذات المحتوى العالي من أكسيد البورون عند استخدام أكسيد الباريوم لإطفائها ، نظراً لأن أكسيد البورون يتصلب مع الباريوم منتجاً زجاجاً ليناً أو سائلاً "Fluid glass" .

إضافة أكسيد الكالسيوم يمكن أن تنتج سطح طلاء باهت بدون أن يؤثر كثيراً على شفافيته وتكون إمكانية الخداع ضئيلة مع الطلاء المطفاً الذي يكون في نفس الوقت شفاف بقدر كاف حتى يظهر الجسم الطيني أو البطانة التحتية . مثل هذا التأثير يصعب إنجازه وهو أقرب إلى الطلاءات نصف المعتمة التي تطبق تطبيقاً خفيفاً .

وتعتبر خاصيتا الإنطفاء والعتامة متلازمتان. إذ أن الطلاء المطفي لابد أن يكون بمعتم أيضاً ، لأن خشونة السطح التي تسبب الإنطفاء لن تسمح بالشفافية . وبالرغم من أن الطلاءات المطفاة تكون جذابة جداً إلا أن لها بعض العيوب العملية ، يصعب تنظيفها وعند استخدامها على أواني المائدة يمكن أن تحدث صريراً مزعجاً وغير مرغوباً فيه عند احتكاكها بالفضة ، ولهذا تفضل الطلاءات اللامعة الناعمة لأدوات المائدة (1).

## أ -2- كيفية الحصول على إطفاء جيد لسطح الطلاءات .

يمكن الحصول على أفضل نتائج للطلاء المطفاً "matt glaze" عندما تتكون البلورات في سطح الطلاء وعادة ما تكون هذه البلورات من سيليكات الزنك أو الكالسيوم أو المغنسيوم أو التيتانيوم (والتي تنتج من إضافة أكسيد الزنك ، أو الحجر الجيري ، أو الولاستونيت ، أو الدولوميت ، أو أكسيد التيتانيوم إلى تركيبة الطلاء).

ويمكن أن تتكون البلورات فقط عندما تكون الظروف ملائمة وبخاصة عندما يكون سمك الطلاء كافي حتى يسمح بوجود فراغ لتتكون البلورات ، كما يجب أن يكون الطلاء مصهوراً بالقدر الكافي ولمدة كافية من الزمن للسماح لهذه البلورات أن تنمو . (1)

## ب - عيوب في الطلاء لها صلة باللمعان.

### ب -1- التغير في اللمعان "Change in Shine"

نقص اللمعان وظهور البقع المطفاة "mat spots" في الطلاءات التي ينبغي أن تكون لامعة بعد حريقها يمكن أن ينتج بسبب إمتصاص الطلاء داخل الجسم أثناء الحريق ، أو تبخر بعض مكونات الطلاء ، أو درجة حرارة حريق الطلاء المنخفضة ، أو تبللر جزء من سطح الطلاء .

وإمتصاص الجسم للطلاء يحدث أحياناً عندما يكون الجسم مسامى نتيجة إحتوائه على كميات كبيرة من كربونات الكالسيوم "Whiting" أو الرخام "Marble" أو الدولوميت "Dolomite" (2) أو نتيجة لأن الجسم البسكويت قد تم حرقه عند درجة حرارة منخفضة مما يؤدي إلى إمتصاص مصهرات الطلاء داخل الجسم وإتحادها مع مكوناته بسهولة وتكون النتيجة هي نقص فعل المواد الصهارة في الطلاء وبالتالي نقص اللمعان.

عند حريق الأواني الطينية في نفث الفرن مع أواني مطلية بطلاء زجاجي ، فقد تمتص الأواني غير المطلية بخار الطلاء مما يؤدي إلى أن يكون سطح الطلاء باهتاً ، كذلك دعائمات الفرن أو أثاث الفرن الذي يكون مجاوراً تماماً للأواني المطلية قد يمتص بخار الطلاء أيضاً . (3) وإذا كانت درجة حرارة حريق الطلاء منخفضة أكثر من اللازم لا تضمن الإنصهار الكامل للطلاء ، ولذلك فإن بعض المكونات تظل بدون إنصهار مما

1- Ref.15 Pp .92      2- Ref.27 Pp .427      3- Ref.15 Pp .93

يؤدي إلى نفس الإنطفاء الناتج عن رقة طبقة الترجيح التي تعوق الوصول إلى النعومة المطلوبة للسطح النهائي للطلاء (1).

## ب - 2 - التغير في الإنطفاء "Change in Mattness"

عندما يكون السبب في الإنطفاء هو تكوين البلورات فإن تقليل الوقت الذي يظل فيه الطلاء مصهوراً - نتيجة لتقليل زمن التثبيت "Soaking"، أو التبريد السريع بعد إنتهاء عملية الحريق، أو إذا كان زمن الحريق بشكل عام أسرع - يؤدي إلى تقليل الإنطفاء. (2)

ويمكن أن ينتج إنطفاء أقل تحت نفس ظروف الحريق إذا ما تم التغيير في الحجم الحبيبي للعامل الذي يساعد على الإنطفاء، إذ أن الحبيبات الأكثر خشونة تتفاعل بدرجة أقل.

وهناك عدة أسباب تعمل على إختلاف درجة الإنطفاء منها :-

— إختلاف زمن طحن الطلاء

— زيادة محتوى الألومينا في الطلاء يؤدي إلى زيادة لزوجة المصهور مما يمنع نمو البلورات بشكل جيد.

— التبريد السريع بعد إنتهاء عملية الحريق بسبب وجود حمولة خفيفة بالفرن.

— التغيير في جو الفرن يؤثر على تطور طبقة التفاعل بين الجسم والطلاء.

— الإختزال — أو زيادة الإختزال — يقلل الإنطفاء، وإذا برزت طبقة التفاعل حتى تصل إلى السطح الخارجى للطلاء فربما يزيد الإنطفاء.

— وجود تيارات هوائية في الفرن يمكن أن تحدث بقعاً لامعة على الأنية، أو يكون هناك لمعان بشكل عام على الأنية ككل. وعادة ما تكون التيارات الهوائية حول سداة الباب وحول سداة التهوية والأواني التي تتأثر هي التي تكون بالقرب من هذه المساحات أما الأواني التي في وسط الفرن فلا تتأثر نسبياً (3).

1- Ref.27 Pp.427

2- Ref.15 Pp.92

3- Ref.15 Pp.93

### ثالثاً : أ - التصنيف تبعاً للون.

يظهر اللون في الطلاءات الزجاجية نتيجة لإمتصاص وانعكاس الضوء خلال طبقة الطلاء نفسها ، ويتحكم في انعكاس الضوء من سطح الطلاء نوعية الطلاء نفسه . فنجد أن طلاء مطفأ ملون سوف لا يبدو براقاً مثل طلاء شفاف يحتوى على نفس نسبة الملون فعندما يحتوى الطلاء على جزيئات دقيقة معلقة تجعله معتم إلى حد ما فإن بعضاً من الضوء الساقط عليه ينعكس بواسطة هذه الجزيئات ، ومن ثم فإن الإحساس باللون سوف يعتمد بقدر معين على سمك طبقة الطلاء وعلى عدد وحجم الجزيئات . وهذا الإنعكاس الداخلي هو الذي يضفي مزيداً من العمق والجمال على الطلاءات الزجاجية (1).

ومن الممكن إنتاج أي لون من ألوان الطبيعة تقريباً في الطلاءات الزجاجية ، ويطلق على هذه الألوان أسماء شتى منها للوخى وأخضر القصعين أو المريمية (نبات) . وهي أسماء كما نرى تؤكد هذه المشابهة وتثبتها . وألوان الطلاءات على إختلاف مراميها وأغراضها ثابتة إلى أقصى حد وباقية عبر الزمن، وقلماً تتوافر لغيرها مثل هذه الخصائص (2).

### ب - عيوب في الطلاء لها صلة باللون .

#### ب-1 - الإختلاف في درجة اللون الواحد "Colour Variation"

هناك أسباب عديدة تؤدي إلى إختلاف قيمة اللون في الطلاء فنجد أن سمك طبقة الطلاء أثناء التطبيق ، الحريق وجو الفرن ، إختلاف سمك الأنية ، إحتباس الغازات ، إحتواء الطلاء على خامات لها أكثر من وظيفة ، تولد الدخان من الطلاء خلال الحريق ، عدم إنتظام اللون في الطلاءات الملونة ، طلاءات الزركون ، التناول ، إضافة مواد تعلق الطلاء ، كلها أسباب من شأنها أن تغير قيمة اللون الناتج من قطعة إلى قطعة أخرى ، ومن مساحة لون إلى أخرى على نفس القطعة المطلية بطلاء واحد .

#### 1 - سمك طبقة الطلاء أثناء التطبيق .

ففي الطلاءات ذات الألوان للشفافة مثل الطلاءات العسلي التي تنتج بإضافة أكسيد الحديد إلى قاعدة شفافة عندما يكون هناك إختلاف في سمك طبقة الطلاء فإن التطبيق الأقل سمكاً يجعل لون الجسم يظهر بشكل واضح . أما في الطلاء ذات الألوان المعتمة إذا وجد إختلاف في سمك التطبيق فإنها تعطى ألواناً أكثر توافقاً من تلك الطلاءات الشفافة . على الرغم من أن المساحات التي يتم التطبيق فيها أكثر سمكاً في الطلاءات المعتمة تسمح بنمو البللورات مما يسبب التغير اللوني . وطلاءات بورات الكالسيوم - على سبيل المثال - ربما تعطى بريقاً أبيض أو مائل إلى الزرقة ولا يحدث ذلك حينما يكون تطبيق الطلاء أقل سمكاً. (3)



## 2- الحريق وجو الفرن .

يمكن أن يحدث إختلاف في مسامية الأنبة البسكويت بسبب إختلاف درجة حرارة الحريق الذي تتعرض له الأنبة لتقربها من مصدر الحرارة من جهة ، وهذه المساحات عند التطبيق يلتصق بها كمية أقل من الطلاء ، مما يعطي تفاوتاً في اللون النهائي .  
والحريق السريع لفرن ذو حمولة كثيفة يعطي ظلال لون مختلفة على الأسطح الخارجية مقارنة بالأسطح الداخلية (1).

أثناء الحريق المختزل لطلاء البورسلين إذا كان جو الفرن يحتوى على هواء ثانوي كاف ، فإن أكسدة مركبات الحديد تنتج ثالث أكسيد الحديد  $Fe_2O_3$  الذي يغير لون الأواني ويؤدي إلى التعبير اللوني الأصفر . وجدير بالذكر أن طلاءات البورسلين إذا إنصهرت في جو مؤكسد فإن إختزال لاحق لن يكون قادراً على إزالة هذا التغير اللوني الناتج (2).  
أما إذا إنخفضت كمية الهواء الموجودة في جو الفرن أثناء حريق الأكسدة ، يؤدي ذلك إلى إنخفاض درجة اللون في الصبغات الوردية من الزركون والحديد وفي صبغات الزركون الأخرى أيضاً (3).

## 3 - إختلاف سمك الأنبة .

عندما تكون الأنبة ذات سمك رقيق جداً ، أو يوجد بها أجزاء سميكة وأجزاء أخرى رقيقة يؤدي ذلك إلى تشبع الأجزاء الرقيقة من الأنبة بالماء أثناء التغطيس .  
وعندما يتم طلاء الأنبة المجوفة من الداخل قبل الخارج فإن ذلك يسمح بالتشبع بالماء إذا ترك الطلاء داخل الأنبة لمدة طويلة ، أو إذا كان منخفض الكثافة ، وفي هذه الحالة فإن الطلاء الخارجي يسيل أو يظل رطباً لفترة طويلة (4).

## 4 - إحتباس الغازات .

فقاقيع الغاز المحتبسة في الطلاء يمكن أن تغير اللون المرئي للطلاء بشكل مثير ، مثل هذه الفقاقيع لا تكون مدركة بالعين المجردة ولكن يمكن ملاحظتها بإستخدام عدسة مكبرة أو مجهر يدوي يعطي تكبير 30 مرة .

ومن الأسباب التي تؤدي إلى زيادة نمو الفقاعات في الطلاء :-

— التغير في تركيب أحد الخامات المكونة للطلاء .

— الحريق السريع ، أو الحريق غير الكافي .

— الإختلاف في درجة حرارة حريق البسكويت — مما يسبب مزيداً من تفكك الخامة أثناء الحريق قرب درجة حرارة نضج الطلاء.

1- Ref.15 Pp.68 2- Ref.27 Pp.438 3- Ref.15 Pp.72 4- Ref.15 Pp.69

– المواد التي لا تستفك في الطلاء بسبب الحريق السريع ، أو الحريق غير الكافي ، أو الطحن غير الكافي لأحد الخامات الداخلة في تركيب الطلاء أو للطلاء نفسه يمكن أن تؤثر على اللون أيضاً .

#### 5 – إحتواء الطلاء على خامات تقوم بأكثر من دور .

الطلاءات التي يتم إعتامها بإستخدام ثاني أكسيد التيتانيوم سيظهر بها اللون الأصفر أو الذي يشوبه صفار إذا كان يوجد بها كميات صغيرة من الحديد أو الكروم ، خاصة إذا تم حريق الطلاء في درجة حرارة أعلى قليلاً من درجة حرارته الفعلية . ومثل هذا التغير اللوني يمكن أن ينتج بسبب طبيعة أكسيد التيتانيوم نفسه ، أو بسبب وجود بخار معدن الكروم في الفرن والذي يخرج من أنية قد تم زخرفتها بصبغة تعتمد على معدن الكروم . وأي زيادة في المحتوى الحديدي في خامات الطلاء الأخرى يمكن أن تسبب إصفرار غير متكافئ في طلاءات أكسيد التيتانيوم (1).

#### 6 – تولد الدخان من الطلاء خلال الحريق ، مع أقل قدر من الألوان.

عند الحريق في أفران الغاز أو الزيت أو الخشب فإن أي دخان يميل لأن يتبدد عن طريق طرد نتائج الحريق من الفرن إلى المدخنة . ويكون هناك تغيير في جو الفرن داخل الأفران الكهربائية لأن الفرن لا يكون خالي تماماً من الهواء ، ولكن إذا كانت الحمولة كثيفة وضيقة في وسط الفرن ، أو إذا تم الحريق بسرعة فإن ذلك يؤدي إلى حدوث تكثيف للدخان مما يؤدي إلى حدوث بعض المشاكل (1) ، ففي أحد المصانع التي كانت تقوم بإنتاج وحدات لونها قرنفلي في فرن نفقي يتم الحريق فيه بالغاز ، وبعد إجراء عملية صيانة للفرن ، ثم إستئناف عملية الحريق وجد أن كل الوحدات بعد الحريق طليت باللون الأبيض بدلاً من القرنفلي وتبين أن السبب يكمن في مجموعة الحراقات التي تغيرت أثناء الصيانة . وقد كانت مجموعة الحراقات القديمة مصنوعة من معدن الكروم مجنيزت حراري بينما البديلة قد تم صنعها من السيليمانيت ، وقد تم إستنتاج أن تدخين الكروم من مجموعة الحراقات القديمة هو المسئول عن الطلاء ذو اللون القرنفلي الذي كان في الأساس هو الطلاء الأبيض القصديري (2) .

#### 7 – عدم إنتظام اللون في الطلاءات الملونة .

يمكن أن ينشأ هذا من حدوث حالة إنفصال في وقت تشكيل طبقة الطلاء في جسم غير مسامي "dense" ، وهنا يكون الانفصال بسبب الترسيب "Sedimentation" ، بينما على الأجسام المسامية يكون السبب هو الإمتصاص .

في الحالة الأخيرة للطلاء المحروق ربما يشكل طبقة ضاربة للبياض أو مطفية إذا كان يحتوى على طلاء سابق للصهر "Frit" غير شفاف أو مطفى. (1)

## 8 - طلاءات الزيركون .

في طلاءات الزيركون المعتمدة الملونة يكون التمييز بين المساحات الملونة المعتمدة والمضيئة واضح جداً ، حيث تكون الصبغات من النوع الذي يتفكك في الطلاء المنصهر ونسلك بسبب التحلل غير المنتظم للزركون والذي يمكن أن يعدل بزيادة محتوى الزيركون (لأن الزيركون الزائد نسبياً يظل غير منحل) ولكن يجب أن تزيد الصبغات المضافة أيضاً حتى تعادل مواد العتامة (2). ويجب التحكم الدقيق في معدل التبريد بعد حرق التوهج مع طلاءات الزيركون المعتمدة الملونة حتى نضمن أن يظل حجم الحبيبات ثابت ومرحلة تبللر الزيركون ثابتة أيضاً. (3)

## 9 - التناول .

أثناء التناول أي بصمات للأصابع أو مساحات يتم مسحها من الطلاء يمكن أن يتم لمسها بالطلاء على طرف الإصبع أو باستخدام فرشاة ناعمة ولكن - وبخاصة عندما يكون الطلاء ملون بدرجة كبيرة - إذا لم يراعى أن تلك المساحة التي تم لمسها قد أصبحت ناعمة ولها نفس مستوى الطلاء المحيط ، قد يحدث إختلاف في سمك طبقة الطلاء بشكل عام. (3)

## 10 - إضافة مواد تعلق الطلاء .

عادة ما يضاف حامض لمعلق الطلاء كعامل تثبيت "set-up agent" ، وعند إضافة الحامض لطلاء يحتوى على أكاسيد تلوين معدنية فإن جزءاً من الأكسيد المعدني يتفكك ويشكل أملاحاً مع الحمض ذائبة في الماء مما يؤثر على لون الطلاء كما أن هذه الأملاح يمكن أن تخرج وتشوه الزخرفة على الطلاء On-glaze. (1)

## ب - 2- التغير في اللون "Change in Color" :-

هناك أسباباً عديدة ومتنوعة تؤدي إلى تغير لون الطلاء المحروق من لون إلى لون آخر منها :-

### 1 - تركيب الطلاء:-

يعتبر تركيب الطلاء هو العامل البارز فيما يتعلق بتغير اللون بعد الحرق ، ففي عدة حالات نجد أن بعض مكونات تركيب الطلاء يمكن أن تغير لون الصبغات ، على سبيل المثال أكسيد الزنك يغير بالكامل لون الطلاءات الملونة بأكسيد الكروم ، بينما أكسيد البورون "Boric oxide" له تأثير غير مفضل علي الصبغات الوردية (1).

1- Ref.27 Pp.440

2- Ref.15 Pp.69

3- Ref.15 Pp.70

تغير اللون يمكن أن يكون متوقعاً أيضاً عندما تكون بعض الصبغات إما أن تتفكك أو تدخل في تفاعلات أثناء الحريق ، فإن بقعاً بيضاء في الطلاءات الوردية -على سبيل المثال- ستنتج بواسطة هذا التفكك في الصبغات الوردية .(1)

الألوان الخضراء عندما تتحول إلى البني يمكن أن يكون ذلك بسبب خليط من أكسيد الكروم أو صبغة ملونة تحتوى على الكروم مع أكسيد الزنك في الطلاء ، واللون الوردى الخفيف يمكن أن ينتج من خليط من أكسيد الكروم مع أكسيد القصدير .

إستخدام ألوان الأسود والأخضر التي تحتوى على الكروم للزخرفة فوق أو تحت الطلاءات المعتمدة بالقصدير يمكن أن يؤدي إلى تشكيل هالة وردية حول المساحات المزخرفة(2)

ونجد أن حالات كثيرة من تغير اللون ترجع لإستخدام طلاء يحتوى على أكسيد الكروم ، إذ أن مركبات معدن الكروم تتبخر في الفرن وتؤثر على الطلاءات الداخلة في تركيبها أو المجاورة لها . فنجد أن الطلاءات الغنية بالرصاص تتحول إلى اللون الأخضر ، وتلك الغنية بالكالسيوم تتحول إلى اللون الوردى ، أما الطلاءات الغنية بالزنك فإنها تتحول إلى البني المخضر . ويُصبح عادة بعدم إستخدام الطلاءات الملونة بأكسيد الكروم في خليط مع طلاءات ملونة أخرى وأن يتم حريقها منفصلة .(1)

الطلاءات الحمراء التي تنتج من صبغات السيلينيوم عادة تصبح سوداء اللون نتيجة لتشكيل سيلينيد الرصاص الأسود "Lead Selenide" خلال إتحاد بخار الرصاص في الفرن مع السيلينيوم في الطلاء .(2)

## 2 - الحريق غير الصحيح وجو الفرن .

يظهر هذا التغير في اللون في بعض الطلاءات نتيجة لظروف الحريق المختلفة منها :-

أ - حريق الطلاء في درجة حرارة أعلى من مدى الحريق الفعلي للنضج "over-fired" أو في درجة حرارة أقل من مدى الحريق الفعلي للنضج "under fired" . فمعظم الطلاءات التركوازية (الفيروزية) يصبح لونها أشد خضرة عندما تحرق أعلى من معدلها ، وأشد زرقاء عندما تحرق أقل من معدلها ، والطلاءات الوردية والبرتقالية تصبح بنية اللون عندما تحرق أعلى من معدلها .

طلاءات الذهب اللامعة تصبح سوداء شبه مطفية "semi-matt" إذا حُرقت أقل من معدلها ، وبعض الطلاءات العسلي أيضاً يصبح لونها إسود لنفس السبب . وطلاءات السيلينيوم إذا حُرقت أعلى من معدلها ستميل لأن تكون شفافة أو ضاربة للبياض ويمكن أن يؤدي الحريق بشكل بطئ أو التطبيق الخفيف إلى نفس النتيجة .(2)

- ب — يمكن أن يظهر تغير لون رمادي مسود عند وجود مركب عضوي في الطلاء لا يحترق كلياً، حيث أن الإحتراق غير الكامل يترك كربون مُتبقى على سطح الطلاء.
- ج — الإختزال المبكر يؤدي إلى تغير لون رمادي لأن الجو المختزل خلال المرحلة الأولية للتسخين يساعد على تشكيل الهيدروكربونات "hydrocarbons" الثقيلة بين نواتج الإحتراق ، هذه الهيدروكربونات تخترق مساعدات الحريق بسهولة وتستقر على الأجزاء الأبرد نسبياً للمنتجات وعندما ترتفع درجة الحرارة تخرج المواد المتطايرة أما البقية المتبقية فهي التي تؤدي إلى تغير اللون الرمادي.(1)
- د — أصفرات الفاناديوم والقصدير ، أوورديات الكروم والقصدير إذا تعرضت للإختزال ولو حتى لفترة قصيرة أثناء الحريق فإنها ستتحول إلى اللون الأبيض ، ومن ناحية أخرى فإن أصفرات التيتانيوم ستتحول إلى اللون الأسود .
- 3 — تأثير تركيب الجسم على لون الطلاء .
- يكون هذا التأثير واضحاً جداً في درجة حرارة الخزف الحجري حيث تنمو طبقة الإتصال بين الجسم والطلاء بشكل جيد ، والتغيير من جسم لآخر يؤدي إلى إختلاف واضح في لون الطلاء ، ودرجة هذا اللون ، والملمس النهائي للطلاء .(2)

### ب — 3- البقع الملونة Coloured Spots .

- هناك أنواع كثيرة من الشوائب في الطلاء أوفي سطح الجسم يمكن أن تنتج بقعاً ملونة . على سبيل المثال ، فإن بقعاً خضراء بمراكز مظلمة تنسب للتلوث بالنحاس من مناخل النحاس ، أو مناخل البرونز ، أو سنادات البرونز ، أو أى آلات برونز مع نحاس أخرى .
- نقاط وبقع زرقاء تُرى بشكل واضح في الطلاءات البيضاء تنتج من التلوث بمركبات الكوبالت .(1)
- بقعاً بنيه تظهر عندما يتأكسد ما يحتويه البيريت "Pyrite" من الحديد ليشكل سيليكات الحديد ، وعندما يتأكسد أكسيد الحديد يتفاعل جزء منه مع المادة الصهارة ، وهكذا تنشأ البقع البنية . وإذا كان الطلاء مشبعاً بأكسيد الحديد تظهر بقعاً بنية مظلمة إلى سوداء على سطح الطلاء كنتيجة لإعادة التبللر "recrystallization" . مثل هذه البقع البنية تظهر كثيراً جداً في الطلاءات المحتوية على أكسيد التيتانيوم . ويرجع ظهور بعض البقع الزرقاء والسوداء أحياناً إلى تشكيل فوسفات الحديد .(3)

1- Ref.27 Pp.438

2- Ref.15 Pp.72

3- Ref.27 Pp.438

- ويمكن أن يظهر مزيجاً من التغير اللوني الأسود وحجاب من الغبار الأبيض الدقيق مشابه للترهر "efflorescence" على المنتجات المحروقة في علب حرارية "saggars" من كربيد السليكون SiC بسبب تشكيل مركبات السيليكون الغازية.
- أثناء الحريق المختزل لمنتجات البورسلين ، يمكن أن يصبح الطلاء مشبعاً بمركبات الكبريت "sulfur"، مما يؤدي إلى تشكيل الكبريتيدات "sulfides" السوداء أو الكبريتيدات المتعددة "polysulfides". وتزداد هذه الظاهرة في وجود أكسيد الصوديوم والجبس والحجر الجيري .
- السبقع للسوداء على الطلاءات الرصاصية يمكن أن تنسب إلى إختزال أكسيد الرصاص PbO لصالح الرصاص المعني . والطلاءات الشفافة التي يتم تطبيقها تطبيقاً سميكاً يمكن أن تظهر تغير لوني أصفر خاصة إذا كانت تحتوي على كميات أساسية من أكسيد الرصاص .
- السبقع السوداء لأكسيد النحاس على طلاءات النحاس ، أحياناً تغطي الطلاء النهائي بطبقة رقيقة ربما تكون شيقة بشكل واضح . مثل هذه السبقع يمكن أن تظهر حتى بعد إن كانت هذه المنتجات المطلوبة بالنحاس قيد الإستعمال .
- السبقع للمعدنية اللامعة التي تظهر أحياناً أثناء حريق الطلاءات البنية ، يعرف هذا المظهر عادة بالتمعدن "Metalization" بالرغم من أن الذي يتشكل في هذه الحالة هي البلورات الإبرية "Spinel" فقط – وهي ليست فلز حقيقي –. وينتج هذا العيب عادة من إستخدام صبغات مكسبه بشكل غير تام أو غير جيد ولا تزال تحتوي على بعض الأكاسيد التي لم تتحول إلى بلورات إبرية "Spinel". ويعتمد التمدن بالكامل على ظروف التبريد ويمكن التخلص منه بإعادة الحريق .
- الطلاءات التي يستخدم أكسيد القصدير في إعتمائها يظهر فيها عادة بقعاً وردية (وردي كروم – قصدير) كنتيجة لوجود أقل محتوى من أكسيد الكروم 0.01% أو استخدام أنابيب معدنية بيرومترية للحريق أو عناصر التسخين التي تحتوي على آثار معدن الكروم . ويمكن التخلص من هذه السبقع بإضافة مركبات الفلورين (1).

## رابعاً - التصنيف تبعاً لملمس السطح .

### أ - النعومة "Smoothness" والخشونة "Coarseness" .

تتنوع الملامس على الأسطح الخزفية ابتداءً من للنعومة العالية جداً حتى الخشونة الشديدة ، وما بين النعومة والخشونة يتواجد العديد من الملامس المختلفة . ويطلق لفظ السطوح الناعمة عندما يكون السطح الخزفي مطلي بطلاء زجاجي تام النضج نتيجة لتسويته في درجة حرارة مناسبة ، أو عندما يكون السطح ذو درجة لمعان عالية ، أو عندما يتم صقل الجسم الخزفي .

والسطح الخشن "Coarse Surface" يمكن أن يكون خشناً بطبيعته نتيجة لوجود مواد غير منصهرة في الطلاء الزجاجي أو في الطينة ، أو نتيجة لإضافة مواد خشنة للبطانة أو للطلاء الزجاجي نفسه . ويمكن أن يكون للسطح الخزفي خشناً نتيجة لوجود الإضافات التي تغطي "boil" وتحدث فقاعات "bubbles" وتنتفخ ، تاركة أسطح بها حفر ، أو انفجرات ، أو سطح يشبه سطح القمر ، أو سطح بركاني . ويمكن أيضاً أن يكون عبارة عن سطح يتجعد "pucker" ويتصدع "fissure" أثناء عملية الحريق . وهذا السطح يمكن أن ينتج في مرحلة الحريق عندما ينصهر الطلاء على الجسم ، ولكنه لا يصل إلى مرحلة النضج . ويمكن أن ينتج أيضاً بشكل عرضي أو متعمد أثناء دورة التبريد . وهذا السطح يمكن أن يكون ببساطة نتيجة لوجود مواد خشنة "granular" بداخل الطلاء الزجاجي وهذه المواد تُسِيل bleed أو تتجمع pool أثناء الحريق وتعطي ملمساً بصرياً بدلاً من الملمس الطبيعي .(1)

### ب - الملمس في السطح الخزفي نتيجة لإضافة المواد الخام لكلاً من الطينة والطلاء .

#### ب - 1 - المواد التي تضاف للطينة :-

هذه الإضافات يمكن أن تكون على هيئة مواد خام ملونة أو غير ملونة ، ومن المواد التي يمكن استخدامها للحصول على ملامس في الطينيات ويكون لها تأثير في الملمس البصري للطلاء ما يلي :-

#### - الرمل "sand" .

الرمل الملون مثل الحجر الرملي المصبوغ بالحديد أو رمل الشاطئ البركاني الأسود كالموجود في جزيرة هاواي أو جزر اليونان ، يمكن أن يخلط بالطينة أو بطانة الطينة "clay slip" . مع الأخذ في الاعتبار أن للرمل الذي يكون الحجم الحبيبي له أكبر من (mesh 50) يمكن أن يسبب مشاكل في الطينيات بسبب تحولات الكوارتز .(1)

## — الجروج "grog".

يمكن أن يُصنع الجروج من الطينيات المختلفة ويمكن أن يُلون بالأكاسيد ، أو الملونات ، أو صبغات الجسم ، وبعد الحريق يتم تكسيره وطحنه ونخله خلال منخل (mesh 30) . والجروج الملون يمكن أن يضاف للطينة أو البطانة- اعتماداً على الطلاء- وسيتجمع معطياً بقعاً ملونة أو إذا إنصهرت المادة الخام تماماً سينتج عروقاً ونقط .

## — الملونات الخشنة "granular colorants" .

بعض الملونات تكون متوافرة تجارياً في صورة خشنة ، مثل الروتيل "Rutile" - هو معدن مكون من التيتانيوم- ، والإلمنيت "Ilmenite" - هو معدن مكون من الحديد والتيتانيوم .

وإذا كان الممكن الحصول على نفايات المناجم التي غالباً ما تحتوي على العديد من المواد المعدنية ، يمكن إضافة مسحوقها الناعم إلى الطينيات للحصول على تأثيرات شيقة ونادرة . ويمكن إنتاج السطوح التي تشبه تنفق الحمم البركانية باستخدام المنجنيز الخشن . ويبدأ المنجنيز في الانصهار عند حوالي 1200:1160° م ثم يمتص خلال الجسم . والطينيات ذات الحرارة المتوسطة والعالية مثل الخزف الحجري الفاتح والبورسلين الأبيض أو الملون تعطى أفضل تباين مع المنجنيز الأسود .

ويجب إتخاذ الحذر حتى لا يلتصق هذا العمل برف الفرن نتيجة لتدفق المنجنيز المنصهر . ولمنع حدوث تلك المشكلة يمكن وضع القطعة على شريحة من الطوب العازل مغطاة براسب الفرن أو عليها غبار من الفلنت أو من هيدرات الألومنيا .

## — مواد الاحتراق "Burnout Materials"

العديد من المواد العضوية "organic materials" يمكن إضافتها للطينة مع الأخذ في الاعتبار أنها تحترق أثناء عملية الحريق ، تاركة خلفها مسام ذات أشكال ملمسية مختلفة ، القش ، رواسب البن ، قشر للبنق والجوز المطحون ، قشر بذور القمح والذرة ، نشارة الخشب وهكذا..... يمكن أن تستخدم لهذا الغرض .

وبعض المواد غير العضوية ذات الانصهار المنخفض مثل البيرليت "perlite" والفيرميكلوليت "vermiculite" المستمد ، والنايلون ، أو الفبيرجلال يمكن أن تستخدم لإضافة قوة ليفية للجسم في مراحل التشغيل ، ولكنها من ناحية أخرى تكسب الجسم ملمساً خشناً (1).



## ب -2- المواد التي تضاف للطلاء :-

المواد المذكورة سابقاً يمكن إستخدامها كإضافات للحصول على ملامس في الطلاء .  
للرمل ، الجروج ، والملونات الخشنة عندما تضاف للطلاء عادة تعطى تأثيرات مختلفة  
تماماً عن تلك التي تحدث عند إضافتها للطينة ، وذلك لأن تلك المواد يكون لها تأثير  
مباشر على إنصهار الطلاء .

وتختلف كمية المواد المضافة للطلاء طبقاً للنتيجة المرغوبة ، وعادة ما بين

( 5 % : 10 % ) من معظم تلك المواد لتعطي تأثيراً واضحاً .(1)

وكثيراً من المواد في صورة مسحوق يمكن أن تنتثر ، أو تكوم ، أو تضاف وهي رطبة  
قليلاً للطلاء ، ولذلك عندما يتم حريق القطعة يظهر سطح زخرفي متنوع ، والعديد من  
التأثيرات الزخرفية من تبللر ، وشقق ، وتجميع يمكن الحصول عليها بهذه الطريقة .  
ومن المواد الكيميائية التي تؤدي للحصول على أفضل النتائج عند التطبيق في صورة  
مساحيق هي كالأتي :-

— للتأثيرات البلورية "Crystalline" :-

الليثيوم ، الزنك ، التيتانيوم ، الروتيل ، الألمنيوم ، النحاس .

— للتأثيرات المتشققة "Crackled" :- النيفلين سيانيت ، الليثيوم ، البوراكس ، أمبلجونيت  
"Amblygonite" ، والطلاءات سابقة الصهر "Frits" .

— للتأثيرات التي تأخذ شكل أخاديد "Pooled" :- الطلاءات سابقة الصهر ، الكوليمانيت  
أو كسر الزجاج ، خرزات الزجاج والخرزات المطلية بالمينا .

— للتأثيرات المخززة "Beaded" :- الخرزات المطلية بالمينا المحروقة والتي لاتزال  
عند نقطة إنخفاضها "Slumping" .

— للتأثيرات التجمعة "Crawled" :- مسحوق الطينة أو البطانة على طلاء ذو لمعان  
عالي ، أو به محتوى عالي من الزنك .

— التأثيرات البركانية ذات النقر والحفر "Cratered" :- يمكن الحصول عليها بإضافة  
من 3% إلى 5% من كربيد السيليكون ذو الطحن المتوسط إلى الطلاء . وسبب ذلك

بعض الإختزال ، حتى في الفرن الكهربائي ، وستتأثر الألوان وفقاً لذلك .(2)

وللحصول على التأثيرات ذات الحفر أيضاً يتم وضع الملح الخشن مباشرة في النار  
والحريق حتى 1250:1300°م ويفضل أن يتم ذلك مع الأجسام الطينية ذات السيليكا  
العالية ، حيث أنه كلما كان الحريق أطول كلما كان الحصول على التأثير ذو الحفر أكبر .

1- Ref.20 Pp.150

2- Ref.20 Pp.152

ويمكن الحصول على الحفر الملونة بخلط الملح العادي مع الملونات المعدنية القابلة للذوبان مع قليل من الماء ، ورشها على الجسم البسكويتي أو على الجسم غير المحروق (الأخضر) ، ثم الحريق عند 1300:1250°م ويمكن ان ينثر الملح على السطح في الأجسام التي يتم حريقها عند 940°م للحصول على تأثيرات شيقة جداً .(1)

#### ـ المعادن :-

يمكن إستخدام بعض المعادن مثل الحديد ، والنحاس ، والنحاس الأصفر "Brass" ، والبرونز على هيئة شرائح رقيقة أو سلك أو مسامير ، والتي ستصهر مباشرة على الطينة أو الطلاء . ومما لاشك فيه يمكن حدوث بعض التشوه أو التحلل وتعتمد درجة هذا التشوه على درجة حرارة الحريق . ويجب عمل العديد من التجارب لتعديل النتائج المتوقعة ، ولكن من الممكن الحصول على أسطح شيقة جداً وألوان جميلة بهذه الطريقة . على سبيل المثال أسلاك النحاس الرفيعة يمكن أن تتخذ أشكالاً وتتصهر على سطح طلاء أبيض معتم ، فإذا كان الطلاء ذو حساسية لتطور درجة الحرارة العالية للنحاس الأحمر في حالة الإختزال ينتج السلك النحاسي خطوطاً داكنة اللون محاطة بظلال حمراء . أما في حالة الأكسدة فالإحتمال الأكبر أن يعطي خطوطاً سوداء مع ظل أخضر اللون . وإعتماداً على سمك كلاً من السلك النحاسي وطبقة الطلاء ، فإن السلك النحاسي إما أن ينتشر تماماً في الطلاء أو يظل فوق الطلاء على هيئة خطوط سوداء .(1)

#### ـ عيوب في الطلاء لها صلة باللمس .

عيوب الطلاءات الزجاجية التي تؤدي إلى ظهور ملامس مرئية أو محسوسة في المنتج الخزفي هي ما يعني البحث بدراسته . ويمكن تصنيف الطلاءات من خلال مظهر السطح الناتج عن هذه العيوب ، فنجد أن هناك الطلاءات المتجمعة ، والطلاءات المتصدعة ، والطلاءات المتشققة ، والطلاءات ذات البثور والحفر ، والطلاءات المخززة .... وهكذا .

## الفصل الثانی

### مواد الفن وجماليات الطلاءات الزجاجية

أولاً:- الخط

ثانياً:- اللون

ثالثاً:- الملمس



### مواد الفن وجماليات الطلاءات الزجاجية

إن الفنان الخزاف ينطلق إلى إيجاد التكوين الفني الخزفي مستخدماً عناصر الإبداع المكونة من الخطوط والألوان والملامس محاولاً الوصول إلى القيم الجمالية في توازن وتضاد وتكامل وإيقاع وتجانس ، والتي تؤدي في النهاية إلى تحقيق أو توظيف تلك القيم في محاولة لإثراء الأعمال الفنية الخزفية .

وبصرف النظر عن الموهبة التي إذا توافرت تؤدي إلى وصول الأفكار بشكل سلس ، فإن ممارسة العمل شئ في غاية الأهمية ، فما هي إلا خبرة متواصلة بالأسس والقيم الجمالية وبإمكانياتها التي لا حد لها . تلك الخبرة التي تجعل من اليسير إدراك هذه العوامل والتي غالباً ما يقود الفنان فيها الإحساس اللاشعوري ليتمكن من ترجمة الأفكار المتنوعة والمعالجات المختلفة على الأسطح والمجسمات الخزفية .

ومن المعروف أن مواد الفن التشكيلي بشكل عام تتكون من قيمة الخط الفاتح والغامق والظل والنور وهي درجات ظلية لونية "chiaroscuro" ؛ ومن اللون والملامس والشكل ، وبترتيبها وتكوينها وتكاملها تعطينا مانسمية بالعناصر . وهذه العناصر عبارة عن الأشكال المجسمة والفراغات (Solids & Voids) والمساحات الهندسية والمساحات القائمة والفاخرة ، وكذا الفراغ (1) وفيما يلي فكرة مبسطة عن هذه العناصر .

#### أولاً : الخط :-

يعتبر الخط هو أحد الوسائل البسيطة وفي نفس الوقت أكثر مادة أهمية ومنفعة من بين تلك المواد التي يستخدمها الفنان ، كما أنه أيضاً من أكثر الأشياء تعقيداً إذ قد يكون شيئاً دقيقاً ومع ذلك فهو يقوم بالكثير من الأعمال . فقد يكون محيطاً لمساحة معينة ، أو شكل ، أو أداة للتحديد ، وقد يقوم أيضاً بتحديد اتجاه الحركة وامتداد الفراغ .

وأحياناً يكون الخط وصفيّاً ، كما يساعد على إيجاد الإحساس بالصدق تجاة الطبيعة ( مثلاً الخطوط المحفورة العميقة المتقاطعة التي تعطينا الظلال ) ، أو قد تكون خطوطاً رمزية مثل وظيفتها عندما يكون التعميم وسيلتها لنقل إلينا حقيقة شاملة بدلاً من الحقيقة العنية .

وطبيعة الخط هو نقل الحركة مباشرة كما نتبعها فقد يكون اتجاه الخط مستقيماً أو منحنياً ، منفصلاً أو ممتداً . ويعتبر الخط هو العنصر الأساسي لتكوين المجسمات والفراغات (2).

والخطوط دوراً هاماً في إعادة تشكيل مساحة طبقة الطلاء ، فأحياناً تظهر طبقة الطلاء وبها شبكة دقيقة من الخطوط المتقاطعة ذات الاتجاهات المختلفة والتي يمكن إدراكها بالرؤية البصرية بدون إدراكها عن طريق اللمس لتشكل طلاءً متصدعاً أو منشققاً ، وأحياناً أخرى نجد طبقة الطلاء مقسمة إلى مساحات ذات أشكال وأبعاد مختلفة ، ويحدد شكل هذه المساحات الخطوط المتقاطعة ، المنحنية ، أو المنكسرة التي تفصل بينها لتشكل نماذج مختلفة من الطلاءات المتجمعة ، وجميعها تأثيرات جمالية ناتجة من الطلاء الزجاجي نفسه فهي نتيجة لتكوين الطلاء وتفاعله مع الجسم ولا يد للفنان فيها إلا من ناحية التنسيق فيما بينها والعمل على إظهارها بروية فنية جيدة .

### ثانياً : اللون :-

يوصف اللون عادة بترتيب اللون "hue" والقيمة "value" وقوة اللون "intensity" .

- 1- التدرج في اللون :- مثل الأحمر والأزرق والبرتقالي ..... وغيرها . (1)
- 2- درجة اللون ( القيمة ) :- هي درجات الفاتح والقاتم في اللون إذ أن معظم الأعمال الفنية يظهر بها درجات متعددة من الفاتح والقاتم وهذه الدرجات هي ما يسمى بالقيم ، وتتكون من آلاف الدرجات (الفاتحة) والدرجات (المتوسطة) والدرجات (القائمة) وهي عبارة عن قيم بسيطة، وتعتبر هذه القيم بالنسبة للفنان ذات أهمية جمالية وعاطفية ونفسانية. فنجد في فن التصوير على سبيل المثال إن ما يلاحظ في اللوحة هو توزيعها للدرجات الفاتحة والقائمة ، فبعض اللوحات بها درجات فاتحة وقائمة أكثر قوة وثباتاً ، وبعضها يستخدم درجات قليلة جداً ، والبعض الآخر تكون الدرجات فيه وسطاً بين الاثنين لتعطي تأثيراً عاماً .

ولا يتغير نوع الدرجات الفاتحة والقائمة من وقت لآخر في فن التصوير بخلاف الفنون الأخرى مثل النحت والعمارة ، فإن القيم تتغير بتأثير الإضاءة الخارجية عليها ، فنجد أن البروز والإنكسارات والأجزاء البارزة تمتص الضوء بطريقة ما في الصباح وطريقة أخرى بعد الظهر ، وطريقة في فصل الصيف ، وطريقة مختلفة في فصل الشتاء معتمدة على موقع الشمس أو بعض العناصر المضيئة الأخرى . (2)

- 3- طبيعة اللون :- وتسمى قوة اللون أيضاً "chroma" ومعناها درجة الضوء أو "saturation" ومعناها التشبع للضوء وينسب إلى درجة وضوح الضوء .

فمثلاً لو أخذنا نوعين من اللون الأخضر يتساويان في قيمة الدرجة القائمة ، فالأول قد يكون ساطعاً ، أما الثاني فقد يكون لونه أخضر معتم . (1)

وبناءً على ذلك فعند الحديث عن أى لون لابد من الإشارة إلى تدرجه (مثل الأحمر والأزرق والبرتقالي) ، وعن قيمته ( مثل لفتاح والقاتم أو مابينهما ) ، ثم قوة اللون (زاهياً أو معتماً) .

وتوصف الألوان بصفات طبيعية مثل البرودة والنفى ، فالألوان الخضراء والزرقاء باردة ( كما فى الحشيش والأشجار والسماء ) واللون الأحمر والأصفر والبرتقالي ألوان دافئة ( كما فى النار والشمس ) . وتعطى الألوان للدافئة عند وضعها على أى سطح تأثيراً بالقرب وتعرف بالألوان الأمامية أو القريبه ، وبالعكس تعطى الألوان الباردة للتأثير بتباعدتها وتعرف بالألوان الخلفية أو المبعدة .(1)

وقد نشتأثر بنوع اللون الإنفعالي فنجد أن مجموعة من الألوان الباهتة المتضاربة من الأحمر والأخضر تؤدي إلى الإحساس بالإزدراء ، أما الألوان الخضراء المعتمة والرمادية المعتمة تؤدي إلى الإحساس بالتوقع والعصبية . وتبعث بعض الألوان كالاصفر على المرح والانتعاش ، وبعضها مريح كالأزرق ، ولا يزال بعضها مثيراً للغاية كاللون الأحمر .(2)

ويجدر بنا الإشارة إلى أن الخامات الطبيعية نفسها غنية بالألوان فهناك الأخشاب ذات اللون الأحمر أو الأسود أو البني ، والرخام والجرانيت بألوان متعددة ، ويمكن الحصول على تدرجات وقيم لونية كثيرة أثناء عملية تصنيع الزجاج.

والخامات الطبيعية التي يتكون منها الجسم الخزفي مثل الكاولينات التي تساعد فى الحصول على جسم ذو لون أبيض أو فاتح بعد الحريق ولكن نظراً لوجود بعض الشوائب فى هذه الكاولينات فيمكن أن نحصل على أجسام تتدرج ألوانها من الكريمي والأصفر والبني وصولاً إلى اللون الأحمر ، وطينات الكرة " ball clay " تكون ذات لون أصفر أو كريمي محمر بعد الحريق ، وطينة أسوان ذات اللون الأحمر بدرجات مختلفة .

وعند عمل خليط من هذه الخامات مجتمعة أو متفرقة مع بعض الإضافات الخارجية من الأكاسيد المعدنية الملونة أو الصبغات الخزفية الملونة يمكننا الحصول على تدرج لوني كبير من الألوان المختلفة ودرجاتها الفاتحة والقاتمة وقوتها الساطعة والمعتمة ، وباستخدام الطلاءات الزجاجية الشفافة على الأجسام الخزفية الملونة نجد أن الألوان الخزفية للجسم المعتم قد أصبحت ألواناً ساطعة مع تغير طفيف فى قيمة اللون المرئي ، وإختلاف كبير فى الرؤية الفنية .

أما للطلاءات الزجاجية الملونة فإنها عالم من الألوان غني بترج الألوان الطبيعية المتعددة ، والقسم اللوني المختلفة ، وقوة اللون ممثلة في الشفافية والإعتام والمعان والإتطفاء . إذ أنه من الممكن للحصول على أي درجة لونية بإستخدام الصبغات الملونة أو الأكاسيد المعدنية المختلفة ، كما أنه يمكن الحصول على قيم لونية لاحتصر لها من خلال إختلاف نسبة وجود هذه الأكاسيد والصبغات في خلطة الطلاء ، وبالنسبة لقوة اللون فهي تكون واضحة جداً في الطلاءات الزجاجية من خلال الطلاءات الشفافة والمعتمة ، والطلاءات اللامعة والمطفأة ، والدرجات الوسيطة بين هذا وذاك . وكل تلك العوامل المرتبطة باللون الخزفي وتجانسها وتوافقها يكون لها عظيم الأثر في الرؤية النهائية للعمل الفني الخزفي .

### ثالثاً: الملمس :-

تشترك جميع الفنون بأن لها ملمس أو تأثير سطحي وينتج هذا الملمس من طبيعة التكوين الخاص لكل مادة . وقد نشعر بهذا النوع من الملمس عن طريق أصابعنا في فن الخزف والنحت والبناء وبعض الفنون الصناعية الصغيرة . وقد تنتقل إنفعالاتها إلينا عن طريق العين أو الرؤية البصرية ، فكل من أعمال التصوير والطباعة والرسومات ملمس سطحي مختلف مرئي طبقاً لخشونة القماش أو نعومة الورق المشمع وغيرها .

وبينما تظهر أعمال التصوير ناعمة أو خشنة فإن الأنواع الأخرى من الفن مثل الخزف والعمارة والنحت والقماش تظهر ناعمة أو خشنة نظراً لأنها في الحقيقة ذات سطح ناعم أو ذات سطح خشن . وبالإضافة إلى الملمس الناتج من الاتصال المادي المباشر نجد أن السطح الناتج له أهمية خاصة تتبع من اللون والخط وبعض العناصر الأخرى . والحقيقة أن أنواعاً معينة من الملمس سوف تؤثر في رؤية اللون كما ستؤثر في درجات الفاتح والقاتم فالملمس الناعم يخفي الظلال في حين يساعد الملمس الخشن على ظهورها (1).

ويعتبر الملمس من العناصر الهامة في المنتجات الخزفية وبالتالي في الطلاءات الزجاجية ، وينبغي أن يتفق الملمس مع الشكل أو الوظيفة الأساسية للشيء الذي وضع له . فعند تصميم منتج صناعي مثل أدوات المائدة ، لابد من مراعاة أن يكون الملمس النهائي للمنتج ناعم ومصقول بما يتناسب مع اعتبارات النظافة والإستخدام ، أما في منتجات الخزف الفني يمكن إطلاق العنان للخراف بما يتناسب مع رؤيته الفنية وخلفيته التقنية لإبداع الملامس الفنية المختلفة والتي من خلالها يمكن إضافة قيمة جمالية للمنتج الخزفي .



وتبدو القيمة الجمالية للملامس على الأسطح الخزفية عندما نتعامل مع الطلاء المتجمع الذي يجعل القطعة الخزفية ذات ملامس غائرة وبارزة من مساحات الطلاء مختلفة الأشكال والأبعاد والتي يمكن إدراكها بالرؤية البصرية واللمسية ، أو الطلاء المنتشق والذي تظهر قيمته الجمالية من خلال اللون حيث تمتلئ التشققات باللون الغامق وما يحيط بها يكتسي باللون الفاتح مبرزاً قيمة التباين والتضاد كأحد عناصر التشكيل الفني ، أو الطلاء الذي يمتلئ سطحه بالبثور وكأنه يظلي وعندما يزيد عمق هذه البثور تصبح ثقوباً وحفر ذات مظهر أقوى وأوضح ويكون مظهر الطلاء وكأنه وسادة للدبابيس ، أو الطلاء الذي تنتفخ بعض أجزائه كأنها بالونات صغيرة ، كل هذه الملامس وغيرها عند تطبيقها على السطح الخزفي منفردة أو بالتناسق فيما بينها تعطي قيماً جمالية ذات طابع جيد للمنتجات الخزفية .

ونظراً لوجود عوامل مختلفة تحيط بالمنتج الخزفي وتؤثر على رؤيته النهائية فإن الخزاف دائماً يعيش حالة من الترقب لأعماله بعد الحريق فأحياناً ما يخطط الخزاف للحصول على لون وملامس معين بعد الحريق وتأتي النتيجة مخالفه لهذا التخطيط والتوقع مرة بشكل سلبي ونتيجة غير جيدة فنياً ، ومرة أخرى بشكل يفوق توقع الخزاف مما يثير قوى داخلية لدى الفنان لإنجاز بعض التأثيرات اللونية واللامسية الشيقة التي من الممكن أن تظهر بشكل عرضي ووضعها تحت سيطرته التقنية والفنية .

وما هو أهم من اللون والملامس أو أي مادة من مواد التصميم هو الترتيب والتنسيق للتأثيرات اللونية واللامسية ترتيباً منتظماً كجزء من التأثير الموحد للعمل الفني .



## الباب الثانى

- \* عيوب الطلاءات الزجاجية والعوامل المحيطة بها
- \* الأسباب العامة التى تؤدى الى ظهور عيوب فى الطلاءات الزجاجية



## الفصل الأول

كيفية حدوث بعض عيوب الطلاءات الزجاجية

— التفسير

— النشطي

— الإنتفاخ

— التخريز

— التجميع

— التصدع

— التشقق

— البثور والغليان

— النقوب الإبرية والحفر





إن الطلاءات الزجاجية من الأهمية بمكان بما لها من دور حيوي وملمس في الحصول على أسطح ناعمة لمساء يسهل تنظيفها ، وجعل السطح غير منفذ للماء ، وأيضاً مقاوم للاحتكاك وذلك من الناحية الوظيفية أما من الناحية الجمالية فإن الطلاءات تجعل من السطح الخزفي خلفية يسهل معالجتها زخرفياً بأساليب متنوعة .

والملمس في الطلاءات الزجاجية يضيف إلى السطح قيم جمالية بصرية ولمسية مرئية ومحسوسة ، وتعتبر عيوب الطلاءات الزجاجية أحد أهم العناصر التي نستطيع من خلال التحكم فيها أن نثرى السطوح الخزفية برؤى فنية جديدة .

ويمكننا تحديد عيوب الأسطح المطلية بطلاء زجاجي عند النظر إليها في الضوء الطبيعي "Bright Field" ، وذلك عند سقوط الأشعة على السطح بطريقة منتظمة وانعكاساتها بنفس الطريقة.

فإذا انعكس الضوء على السطح المطلي بطلاء زجاجي بزاوية مائلة فسوف تتضح عيوب الطلاء الزجاجي تماماً . كما أن استعمال الضوء الطبيعي يظهر عيوب الطلاء الشفاف ، ويمكننا استعمال العدسات المكبرة "magnifying glasses" لتساعدنا على تحديد العيوب بطريقة أوضح .

ويمكننا تصنيف بعض العيوب المختلفة للطلاء الزجاجي، كما يلي:-

- |                          |                      |
|--------------------------|----------------------|
| 1- التجميع               | Crawling             |
| 2- التصدع                | Crazing              |
| 3- التشقق                | Crackle              |
| 4- البثور والغليان       | Blistering & Boiling |
| 5- التقشير               | Peeling              |
| 6- التشظي                | Shivering            |
| 7- الثقوب الإبرية والحفر | Pinholing & Pitting  |
| 8- الانتفاخ              | Bloating             |
| 9- التخريز               | Bittiness            |

وإذا كانت العيوب تضيف قيم جمالية إلى المسطحات والأجسام الخزفية فيجب مراعاة أماكن وطرق تطبيقها على الخزف الوظيفي نظراً لأن الاستعمال اليومي لأدوات المائدة - على سبيل المثال - لا يتناسب ووجود طلاء زجاجي به قيمة جمالية ناتجة عن التجميع لأنه سيعوق عملية التنظيف بعد كل استعمال.

ويتناول الفصل الأول بعض أنواع العيوب وأسبابها والعوامل المحيطة بها.



## التجميع "CRAWLING"

الزحف "CRAWLING"، التمزج "ROLLING"، الكرشة "RUCKLING"، التخريز "BEADING" (1) الانكماش أو التقلص "CONTRACTION" (2).

### [1]-تعريف:-

يحدث التجميع عندما تتشقق طبقة الطلاء وتتجمع بطريقة عشوائية تاركة مساحات غير مطلية علي الجسم ، وعادة ما تكون حواف تلك المساحات غير المطلية مغطاة بطبقة فيلمية رقيقة من الطلاء (1) وتكون حافة طبقة الطلاء التي تحيط بتلك المساحات الخالية مستديرة وسميكة وناعمة.

ويختلف مظهر التجميع من مساحات دقيقة ومعزولة إلى مساحات أكثر إنشازاً، (3) وفي حالات نادرة يتراكم مصهور الطلاء علي هيئة قطرات أو نقاط، (4) وفي هذه الحالة يطلق عليه التخريز. (1)

وربما يتجمع الطلاء بعيداً عن معظم القطعة ويترك سطحها مترسباً علي هيئة بركة من الطلاء المنصهر علي رف الفرن تحت القطعة. (4)



شكل ( 8 )  
نماذج للتجميع في الطلاءات  
شكل ( 9 ) ( 7 )



### [2]-أنواع الطلاءات التي لها قابلية للتجميع:-

يظهر التجميع على كل أنواع الأجسام ولا يعتبر قاصراً على الخزف الأرضي "Earthenware"، أو الخزف الحجري "Stoneware"

(1) ولاريب أن هناك أنواعاً من الطلاءات تكون عرضة للتجميع أكثر من أنواع أخرى . فالطلاءات اللزجة نسبياً غالباً ما تكون عرضة للتجميع عندما تنصهر أكثر من الطلاءات ذات السيولة العالية. (5) لأن التشققات والكسور في سطح الطلاءات الأكثر سيلاً والتي تحدث في المراحل المبكرة للحرق تميل إلي الالتئام تماماً عندما ينصهر الطلاء "melt" ويتدفق "flow". (6)

1- Ref.19 Pp86  
4- Ref.26 Pp156

2- Ref.27 Pp.425  
5- Ref.15 Pp80

3- Ref.15 Pp.79  
6- Ref.26 Pp157  
7- Ref.18 Pp.26

والطلاءات ذات المحتوى العالي من الألومينا (1) ، والكوليمانيت (وهو مصدر رخيص لأكسيد البورون والكالسيوم في الطلاءات الزجاجية) (2) دائماً ما تكون ذات لزوجة انصهار عالية وبالتالي فإنها تكون أكثر عرضة للتجميع (1) من الطلاءات الرصاصية والتي تكون أكثر سيولة في انصهارها من أي طلاءات أخرى خالية من الرصاص ولذلك فهي أقل عرضة للتجميع. (3)

أما الطلاءات المعتمدة "Opaque Glaze" وبخاصة الطلاءات التي يستخدم الزركون لإعتمادها - تكون أكثر لزوجة من الطلاءات الشفافة "Transparent Glazes". والطلاءات المطفأة "Matt Glazes" التي تحتوي على أكسيد الزنك تكون أكثر عرضة للتجميع من الطلاءات اللامعة "Glossy Glazes". (1)

ويكون التجميع شائعاً في طلاءات بريستول ، السيلادون ، وطلاءات البوروكالسيت "Borocalcite"

- محتوى أكسيد الزنك في طلاءات بريستول هو الذي يسبب التجميع.
- وفي السيلادون يكون سبب التجميع هو المحتوى العالي للألومينا.
- أما في طلاءات البوروكالسيت فإنها ينقصها المصهرات اللازمة من الخامات ذات التوتر السطحي المنخفض. (3)

### [3]-الأسباب التي تؤدي إلى ظهور التجميع في الطلاءات الزجاجية .

1-3- خواص الطلاء.

2-3- إعداد وتحضير الطلاء.

3-3- حريق الجسم.

4-3- الدهون والأملاح على سطح الجسم.

5-3- التطبيق.

6-3- انكماش طبقة الطلاء .

7-3- الحريق وجو الفرن.

8-3- الزخرفة تحت الطلاء.

### 1-3- خواص الطلاء .

هناك العديد من خواص الطلاءات الزجاجية عند درجات الحرارة العالية تؤثر عند استخدامها ، مثل اللزوجة والتوتر السطحي وزاوية التماس ومعامل التمدد والتطاير والتفاعل مع الجسم .

1- Ref.15 Pp.80      2- Ref.26 Pp.157      3- Ref.19 Pp.86

ويعتبر التغير التدريجي في اللزوجة إحدى الصفات الهامة للطلاءات الزجاجية والتي تسمح بالحفاظ على طبقة الطلاء على سطح الجسم ، وذلك بعد تكسير روابط البلورات ذات القوى المتساوية عند مستوى حرارة معين لتكون سائلاً ، والطاقة المسببة لذلك تمثل بدرجة حرارة الانصهار للطلاء . ويؤثر في لزوجة الطلاءات مدى التفاعل مع الجسم وخاصة مع السيليكا والألومينا ، والتطاير السطحي للعناصر المساعدة على الانصهار مثل الرصاص مما يزيد اللزوجة ، ويجب أن تكون لزوجة الطلاء منخفضة بالقدر الكافي للسماح لفقاعات الهواء بالخروج وانسيابها على السطح في مستوى منتظم . (1)

ويؤثر مقدار التوتر السطحي على قدرة الطلاء على الانسياب المنتظم كما تؤثر زيادة قيمته على حدوث التجميع . إن قابلية الطلاء المصهور على ترطيب الجسم "wet" وبزاوية تماس "contact angle" أقل من 90 ، لكي تنتشر طبقة الطلاء وترطب المساحة الكلية للجسم ، ويحدث عند نقطة التماس طلاء وجسم وهواء ، والتي تحدث وتزداد من 900° : 1000° م مما يحدث ترطيب جيد ويغطي العيوب . (1)

والطلاء الذي يتجمع يكون له توتر سطحي عالي ، ويكون لزجاً بسبب محتوى الألومينا العالي ، والطلاء اللزج ينصهر ملتصقاً بنفسه بدلاً من انصهاره على سطح الجسم والالتصاق به . فأكسيد القصدير ومواد العتامة الأخرى تميل لزيادة التوتر السطحي وهكذا فإنها تحفز التجميع.

### 3-2- إعداد وتحضير الطلاء .

الطحن الزائد للطلاء يمكن أن يجعل الطلاء زغباً (رقيق وخفيف) "fluffy" بشكل كبير (2) وذلك نتيجة للتشكيل الكبير للمادة الغروية في الطلاء ، لدرجة أنه لا يلتصق بالجسم البسكويت بشكل جيد مما يؤدي إلى حدوث التجميع . (3)

وتعمل زيادة الطحن على تحسين الملمس السطحي للطلاءات ، ولكن الطلاءات الأكثر طحناً تتشقق أثناء الجفاف وتتجمع أثناء الحريق . واختبارات الصلابة والخدش على الطلاءات المحروقة تؤكد أن الطحن الناعم يؤدي إلى زيادة مقاومة الخدش ويؤدي إلى تقليل ظهور العيوب بشكل عام . وربما يرجع ذلك إلى أن الطبقة البينية من الجسم والطلاء تكون أكبر في حالة الطلاءات ذات الطحن الناعم ، والتي تعمل على تغيير التركيب الثابت للطلاءات . (4) ومن ناحية أخرى فإن الطلاء ذو الطحن الزائد يكون ذو فاعلية كيميائية كبيرة فإنه يمكن أن يذيب كمية كبيرة من رمل السيليكا والألومينا في الجسم وبذلك تصبح لزوجة الطلاء غير عادية ويتزايد احتمال حدوث التجميع (3) .

1- Ref.1 Pp.78 2- Ref.19 Pp.86 3- Ref.15 Pp.80 4- Ref.3 Pp.26

### 3-3- حريق الجسم .

عندما يكون جسم البسكويت محروقاً حريقاً تحت مستوى النضج "under-fired" ، وعند تطبيق الطلاء عليه واستكمال الحريق ، يستمر الجسم في الانكماش معطياً معدلات تمدد غير متساوية مع الطلاء . (1)

كما أن هذا الجسم المحروق حريقاً منخفضاً يكون أكثر امتصاصاً ، وبذلك فإن هذا الجسم لن يأخذ فقط طبقة أكثر سمكاً من الطلاء ولكن أيضاً جفاف تلك الطبقة من الطلاء سيكون سريعاً جداً لدرجة لا تسمح لها بأن تكون مضغوطة جيداً على الجسم وتكون طبقة الطلاء سهلة الانفصال والتجميع . (2)

### 4-3- الدهون والأملاح على سطح الجسم .

إذا كان الجسم البسكويتي مترب أو دهني قليلاً أو كان مترججاً عندما تم تطبيق الطلاء عليه (1) فإن ذلك يمنع الطلاء من تكوين ارتباط جيد مع الجسم ولذلك ينفصل عنه أثناء الحريق (3) ، مثل هذه الحالة يمكن أن تمر بدون ملاحظة لكون طبقة الطلاء على السطح ربما تبدو جيدة التطبيق . وأثناء المراحل المبكرة للحريق عندما يبدأ الطلاء مرحلة التليد فإن الأماكن التي يكون فيها الاتصال غير جيد ، يتحرر عندها الطلاء ويتشقق وربما يعاود الانكماش والتكثف تاركاً مساحات خالية من الطلاء . (4)

والأملاح الموجودة في الماء المستخدم في مسح الآنية أو عند تشكيل الآنية على العجلة (5) و تراكم هذه الأملاح القابلة للذوبان في الماء على سطح الجسم يؤدي إلى التجميع . والطلاءات التي تحتوي على كمية كبيرة من الكاولين والتي تم طحنها طحناً ناعماً جداً يحدث لها تجميع ، نظراً لأن طبقة الطلاء تكون مضغوطة بشكل كبير مما يعرقل مرور الأملاح الذائبة من الجسم إلى سطح الطلاء ، وبالتالي فإن الأملاح الذائبة ترفع الطلاء المضغوط بعيداً عن الجسم مما يسبب التجميع أثناء الحريق . (3)

### 5-3- التطبيق .

التطبيق السليم للطلاء يزيد من حدوث التجميع ، إذ أنه بدلاً من تشكيل عدد من التشققات الدقيقة التي يمكن أن تختفي خلال الحريق ، تظهر تشققات كبيرة في طبقة الطلاء تؤدي إلى حدوث التجميع بسهولة أكبر . (6) إذ أنه من الممكن أن يصبح معلق الطلاء أكثر سمكاً عن طريق التبخير أو خلال عملية التطبيق مما يجعل طبقة الطلاء سميكة ويعرضها لحدوث التجميع . (7)

1- Ref.14 Pp.64 2- Ref.19 Pp.87 3- Ref.27 Pp.426 4- Ref.26 Pp.156  
5- Ref.15 Pp.81 6- Ref.15 Pp.80 7- Ref.19 Pp.86

تطبيق الطلاء على الآنية وهي في حالة جفاف غير مناسبة وبخاصة في الآنية ذات الحريق الواحد (1) أو عندما يتم تطبيق الطلاء بالرش Spraying فإن رش طبقة مبللة بشكل مفرط على طبقة أخرى تم تطبيقها سابقاً يسبب تحرر طبقة الطلاء مع احتمال تجميع لاحق أثناء الحريق . وأحياناً يتجمع الطلاء على الآنية من الداخل ولا يتجمع من الخارج أو العكس . ويمكن أن يحدث ذلك عندما يتم تطبيق الطلاء على سطح الآنية الداخلي أولاً ثم يليه تطبيق طبقة مبللة من الطلاء على الآنية من الخارج ، فيتسرب الماء من خلال جدران الآنية من الخارج ويحرر طبقة الطلاء من الداخل مسبباً التجميع .(2)

### 3-6- انكماش طبقة الطلاء .

السبب الأساسي للتجميع هو الانكماش "Shrinkage" والتشقق "Cracking" في سطح طبقة الطلاء بعد التطبيق .(2) فإذا كان الطلاء له معدل انكماش كبير فإنه يشقق بعد مرحلة التطبيق وأثناء مرحلة الجفاف .(3) ويحدث ذلك عندما تحتوي خلطة الطلاء على نسبة كبيرة من الطينيات وبخاصة طينة الكرة "ball clay" ، ومن الممكن أن يحدث هذا الانكماش أيضاً عند استخدام مواد خام ذات حجم حبيبي دقيق جداً في خلطة الطلاء .(4)

وهناك بعض خامات الطلاء التي يكون لها انكماش كبير وتسبب التجميع :-

الطينيات	Clays
أكسيد الزنك	Zinc Oxide
كربونات المغنيسيوم	Magnesium Carbonate
الرصاص الأبيض	White Lead
الكوليمانيت	(5) Colimanite

الكميات الكبيرة من المواد اللدنة التي تضاف لتحسين تشتت حبيبات معلق الطلاء مثل الكاولين والطينيات ذات الإنكماش الكبير تكون سبباً في التجميع .(3) والمواد المجففة أو المواد الرابطة مثل النشا، الصمغ العربي ، صمغ الكثرء ، سيلوفاس "Celloface" ومركبات الكربوكسي ميثيل سيليلوز الأخرى ستزيد إنكماش الطلاء أثناء الجفاف مثلما تفعل الطينيات المضافة أيضاً ، وخاصة اللدنة منها مثل طينة الكرة والبنتونيت(6).

1- Ref.15 Pp .81	2- Ref.26 Pp .156	3- Ref.27 Pp .425
4- Ref.18 Pp .27	5- Ref.26 Pp .157	6- Ref.15 Pp .80

وأكسيد الزنك يسبب انكماش الطلاء قبل الحريق ويعمل على سحبه وتجميعه أثناء الانصهار (1) وقد درس رايزنج "Reising" لتقلص الناتج عن وجود أكسيد الزنك وقد نسب هذا التجميع إلى تفاعل الأكسيد مع الماء مشكلاً هلام مثل هيدروكسيد الزنك . وهذا التفاعل يكون محدوداً على سطح الحبيبات ولذا كثيراً ما يفضل استخدام أكسيد الزنك في صورة سابقة الصهر "Fritted". (2) ويميل الطلاء للانفصال عن الجسم المطبق عليه ويصعب ملاحظة ذلك في مرحلة الجفاف ، وعند تمام الانصهار "Fusion" والذوبان "Melting" يكون الطلاء في حالة حركة ولا يلتصق بالجسم ولكنه يميل للانفصال عنه ، (3) ونتيجة لظاهرة التوتر السطحي "Surface Tension" فإن الطلاء ينقلص أثناء الحريق ويترك مساحات غير مطلية على سطح الأنية ليشكل التجميع. (4)

### 7-3- الحريق وجو الفرن .

حريق الأنية التي لا تزال رطبة بماء تطبيق الطلاء ،وبخار الماء الذي يخرج من الجسم يرفع ويحرق الطلاء ، والطلاء الذي يتحرر مثل الطلاء فوق الغبار أو الدهون يتجمع عندما ينصهر ، وهذا التجميع يسمى بالرفع "Lifting". (1) وجود خامات ينتج عن حريقها غازات في الجسم أو الطلاء أثناء الحريق يؤدي إلى التجميع . ولدراسة أسباب تقلص الطلاء الطيني "Loam glaze" على أجسام الخزف الحجري فلان زاجونتر "Zajontz" قد قرر بأن التجميع ينتج من التفاعل بين كربونات الكالسيوم ومحتوى الغازات الكبريتية في غازات المدخنة "flue gases" . وهذا التفاعل يحرر ثاني أكسيد الكربون الذي يعرقل تجانس طبقة الطلاء قبل الحريق، وهذا يؤدي إلى تقلص الطلاء. (2)

ويرى أشياجان "Achajan" إن وجود الكبريت غير المتميئ "Sulfur anhydrate" في مسام الجسم البورسليني المحروق بسكوييت هو السبب الأساسي لتقلص الطلاء. وأثناء المراحل الأولى للحريق يكون الكبريت غير المتميئ والكربون الأسود والنواتج الراتنجية الأخرى ما زالت قادرة على اختراق الجسم مسببة تجميع الطلاء. (2)

### 8-3- الزخرفة تحت الطلاء .

يحدث التجميع أحياناً على الزخرفة تحت الطلاء وبخاصة مع أخضرزات وروزات الكروم ، وأزرقات الكوبالت ، وبنيات المنجنيز . ويرجع ذلك إلى الجفاف أثناء الحريق بسبب نقص المصهرات اللازمة ،أو إلى زيادة الوسيط medium الذي يجعل السطح المزخرف

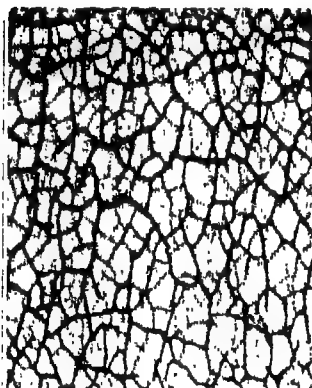
1- Ref.19 Pp .86 2- Ref.27 Pp .426 3- Ref.14 Pp .64 4- Ref.27 Pp .425

دهني جداً لدرجة أن الطلاء لا يلتصق به بشكل جيد . (1) وعندما يتم تطبيق اللون تحت الطلاء بشكل سميك فإنه يظل على الأتية مثل الغبار أو كطبقة حرارية تحت الطلاء ، ويواجه الطلاء المنصهر صعوبة في توزيع نفسه على السطح كله ، بطريقة تشبه الماء الذي لن ينتشر على طريق مترب ولكنه يتجمع في كريات صغيرة . (2) وعندما تكون الزخرفة جافة جداً لدرجة عدم ترطيبها بشكل جيد بالطلاء المنصهر تكون النتيجة هي التجميع . وهناك إختلاف هام بين ألوان تحت الطلاء المجهزة والأكاسيد المعدنية المستخدمة لتطبيق الزخرفة يجب مراعاته ، وهو أن تلك الألوان المجهزة تحتوي على من 50:5% مواد صهارة ، وهي التي تسمح بالإرتباط القوي بالآتية وتوفر ترطيب أفضل للسطح.(1)

### التصدع "Crazing"

#### [1] - تعريف:-

يحدث التصدع في طبقة الطلاء الزجاجي عندما يكون هناك إختلاف في معاملات التمدد بين الجسم والطلاء .(3) ويكون التصدع عبارة عن تكوين شبكة دقيقة من الشروخ



شكل ( 10 )

نموذج للتصدع في الطلاءات

"cracks" في الطلاء الناضج.(4) ويكون نتيجة لإنكماش الجسم بدرجة أقل من الطلاء عند التبريد .(5) ونظراً لأن تركيب وخواص كلاً من الجسم والطلاء المطبق عليه تكون مختلفة ومتغيرة يكون من الطبيعي أن يتصرف كلا منهما بطريقة مختلفة عند التسخين والتبريد ، فإذا كان إنكماش الطلاء عند التبريد أكبر من إنكماش الجسم يؤدي ذلك إلى وجود توتر في طبقة الطلاء الزجاجي ينتج عنه

ظهور تصدعات مختلفة،(6) ويتشقق الطلاء

إذا لم يكن قادراً على تحمل هذا التوتر الذي يقع عليه .

ويظل الإجهاد موجوداً بين الجسم والطلاء ولا يسكن إلا بظهور التصدعات اللاحقة في

المساحات الموجودة بين التشققات الأولى .وقد سميت التشققات الأولى بالتصدع الأولي

"Primary Crazing". وإمتلاء المساحات الموجودة بين التصدع الأولي بمساحات أصغر

1- Ref.15 Pp .81

2- Ref.26 Pp .157

3- Ref.25 Pp .203

4- Ref.26 Pp .153

5- Ref.11 Pp .73

6- Ref.14 Pp .64

على هيئة عدد من المربعات و/أو المثلثات قد سُمي بالتصدع الثانوي "Secondary crazing". وعادة ما تكون التشققات الأولى فردية وطويلة وغالباً ما تتصاعد على الأسطح الرأسية أو تكون مستمرة على الأسطح الأفقية. ويفحص التشققات الأولى بعد ظهور التصدع الثانوي نجدها تتقارب بشكل كبير. (1)

وكما كانت شبكة التصدعات أكثر تشابهاً وانتشاراً كلما كان الاختلاف في معاملات التمدد الحراري بين الجسم والطلاء كبيراً. (2)

### ميكانيكية التصدع:-

أثناء مرحلة توهج حريق "glost firing" تسوية الطلاء الزجاجي يتكون بين حبيبات الجسم الطيني نسبة كبيرة من المادة الزجاجية وينصهر الطلاء إلى سائل في صورة سيليكات منصهرة تنتشر على السطح وفي هذه المرحلة بالرغم من أن الطلاء لابد أن يكتمل بالتبريد والتصلد "solidifying"، يكون الجسم الطيني تقريباً في صورته النهائية فيما عدا فقدان الحرارة فهو لا يتغير كثيراً أثناء تبريد الفرن في مرحلة حريق الطلاء الزجاجي وبعد أن يتصلد الطلاء، كلاً من الجسم الطيني والطلاء يبدأ في الانكماش أثناء التبريد. وطالما أن هذا الانكماش متماثل لا ينشأ إجهاد "strain" بين الجسم والطلاء، ولكن إذا أنكمش الطلاء أكثر من الجسم يكون في وضع توتر "tension" ولابد أن يتشقق crack أو يتصدع craze. (3)

### [2] - نوعية الأجسام التي تتلصق بظهور التصدع.

- في أجسام الخزف الأرضي المسامية يكون الانكماش للجسم والطلاء بدرجات متفاوتة (مختلفة) تبعاً لمعامل التمدد الحراري لكل منهما. وتميل الطلاءات أيضاً إلى التصدع على الأجسام المترججة "Vitreous" مثل البورسلين. (4) ويصبح التصدع أقل حدوثاً في حالة الخزف الأرضي كلما كانت درجة حرارة الحريق أعلى. (5)

- استخدام الجسم ذو التمدد المنخفض سيسبب تصدع الطلاءات العادية. فعند حريق الخزف الحجري والبورسلين والراكو في درجات حرارة الخزف الأرضي يمكن أن يحدث التصدع للطلاءات المطبقة عليها. (6)

- الأجسام الغنية بالفلسبار أو المادة الطينية أو الصخور الطينية "argillaceous" تكون عرضة للتصدع. في الأجسام المسامية ذات المحتوى العالي من الفلسبار تزيد درجة حدوث التصدع، فأنشاء عملية الانصهار يتفاعل الفلسبار مع السيليكا الحرة فتقل كميتها مما يقوى حدوث التصدع وذلك لاختلاف معامل التمدد لأنواع السيليكا والسيليكات. (7)

1- Ref.19 Pp .87    2- Ref.27 Pp .421    3- Ref.26 Pp .154    4- Ref.25 Pp .203  
5- Ref.27 Pp .422    6- Ref.15 Pp .76    7- Ref.27 Pp .423



— الأجسام التي تحتوى على أقل من 15 % فلنت من المتوقع أن تتلائم بصعوبة مع الطلاءات، كما أن الأجسام التي تحتوى على أكثر من 25 % فلنت سيكون من الصعب حريقها بدون أن تتعرض لإجهاد الحريق "dunting" أو التشقق "cracking" — نظراً لبلورة السيليكا في صورة الكريستوباليت - (1)

### [3] — الأسباب التي تؤدي إلى حدوث التصدع في الطلاء:-

1-3- معامل التمدد الحراري "Thermal Expansion Co-efficient"

2-3- مطاطية الطلاء "Elasticity"

3-3- الإجهاد التوترى "Tensile Stress"

4-3- طبقة الاتصال بين الجسم والطلاء "Buffer Layer"

5-3- سمك طبقة الطلاء

6-3- الحريق

7-3- نظام التبريد

8-3- الصدمة الحرارية

9-3- تمدد الرطوبة

10-3- ظروف الاستخدام

11-3- إضافة الأكاسيد المعدنية للطلاء

### 1-3- معامل التمدد الحراري:-

معظم المواد الصلبة تتمدد بالتسخين وتتكسح بالبرودة وهذه قاعدة عامة ويصاحب هذا التسخين زيادة في الحجم حتى ولو كان الارتفاع في درجة الحرارة بسيطاً ، وكلما زاد التمدد بالتسخين قابله انكماش كبير بالتبريد . والقيمة التي تعبر عن هذه الزيادة النسبية في المواد الصلبة للتمدّد والانكماش عند التسخين والتبريد تسمى معاملات التمدد. (2) وعادة ما يكون سبب التصدع هو وجود معامل تمدد عالي ، وبالتالي انكماش ، في الطلاء نسبة إلى التمدد في الجسم .

والقائمة التالية تعطي معاملات التمدد الحراري للأكاسيد التي تستخدم بشكل عام في الطلاءات

الزجاجية السيراميكية:- (3)

1- Ref .26 Pp . 155

2- Ref .26 Pp . 154

3- Ref . 5 Pp .163

AlF <sub>3</sub>	4.4	
As <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2.0	
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.1	
BaO	3.0	(4.2.5.2)
BaO	4.7	
CaO	5.0	(5.89)
CaF <sub>2</sub>	2.5	
CaO	4.4	
C <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.1	
CuO	2.2	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.0	
K <sub>2</sub> O	8.5	
MgO	0.1	(1.36)
MaO	2.2	
Na <sub>2</sub> O	10.0	(12.96)
NaF	7.4	
NiO	4.0	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2.0	
PbO	3.0	
SiO <sub>2</sub>	0.8	(0.15)
SnO <sub>2</sub>	2.0	
TiO <sub>2</sub>	4.1	
ZnO	1.8	
ZrO <sub>2</sub>	2.1	(0.69)

ومن هذه القائمة سنرى أن الأكاسيد تختلف بشكل كبير في تمددها بالحرارة ، فالسيليكات تتمدد أقل من أكسيد الصوديوم بمقدار كبير. والطين مكون من الألومينا والسيليكات، وله تمدد متوسط ، ولكن بعض الطلاءات وبخاصة للطلاءات ذات الصودا العالية لها تمدد عالي ويجب مراعاة ذلك عند إضافتها لتراكيب الطلاءات الزجاجية.(1)

أما إذا كان التصدع مرغوباً فيه ، يتم زيادة واحد أو أكثر من أكاسيد التمدد العالي مثل الصوديوم والبوتاسيوم في الطلاء. التصدع الواسع يعنى توافق قريب بين الجسم والطلاء ، التصدع الضيق يعنى توافق بعيد بين الجسم والطلاء. (2)

وفيما يتعلق بطلاء خالي من التصدع ، فإن أقصى اختلاف آمن في معاملات التمدد الحراري يعتمد على درجة حرارة حريق التوهج "glost firing" .

— في مدى حراري (1140 م° - 1180 م°) معامل التمدد الحراري للطلاء ويكون من 10:5 % أعلى من معامل التمدد الحراري للجسم.

1- Ref .26 Pp .156

2- Ref . 25 Pp . 203

— وفي مدى حراري (980 °م - 1000 °م) معامل التمدد الحراري للطلاء يكون من 15:25 % أقل من معامل التمدد الحراري للجسم. (1)  
 وجدير بالذكر أن التمدد الحراري للجسم الخزفي يعتمد على كمية السيليكا الحرة التي يحتويها وأيضاً على المعالجة الحرارية التي تتلقاها. (2)

### 2-3- مطاطية الطلاء “Elasticity”

— مطاطية الطلاء هي أحد العوامل التي تؤثر على التصدع. (وهي تعني توافق إلتئصال جزئيات الطلاء الزجاجي المنصهر بين حبيبات الجسم الطيني تبعاً لمعدل الارتفاع في درجة الحرارة) . وعندما يكون الجسم والطلاء لهما نفس معاملات التمدد الحرارية T.E.C، فإن نقص مطاطية الطلاء يؤدي إلى التصدع ، وعلى العكس ، فعادة ما تكون الطلاء ذات المطاطية العالية قادرة على مقاومة التصدع بالرغم من وجود اختلاف في نسب معاملات التمدد الحراري.

— وتعتمد مطاطية الطلاء ومعامل التمدد الحراري له على التركيب ، إضافة أكسيد البورون Boric oxide يحسن المطاطية، والأكاسيد القلوية ترفع معامل التمدد الحراري، بينما زيادة محتوى الألومينا والسيليكا تقلل معامل التمدد الحراري وتمنع التصدع. كما أن الطلاءات المعتمدة التي تحتوي على أكسيد القصدير كمادة عتامة تتصدع عند تطبيقها على أجسام الخزف الأرضي وذلك مقارنة بالطلاءات الشفافة والتي لها نفس التركيب ولكن بدون أكسيد القصدير ولم يحدث بها تصدع ويرجع ذلك إلى مسألة المطاطية “elasticity” (1). ولا يحدث التصدع مباشرة إذا كان الطلاء مطاطي بقدر كافي لدرجة التكيف مع الإجهاد الحادث ويظل الطلاء واقعاً تحت الإجهاد حتى يتصدع بعد ذلك عند وجود أي إجهاد إضافي، ففي حالة الخزف الأرضي “earthenware” الإجهاد الناشئ عن ما يسمى بتمدد الرطوبة “Moisture expansion” يسبب التصدع .

### 3-3- الإجهاد التوتر “Tensile Stress”:-

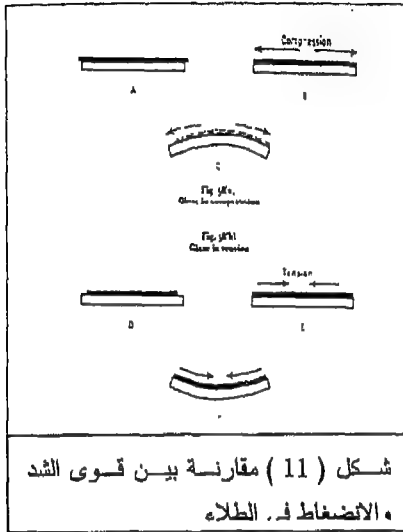
يعتبر الإجهاد التوتر هو سبب مباشر لتصدع طبقة الطلاء الزجاجي أثناء الحريق، (3) وعندما تكون الطلاءات منصهرة ومنتشرة على الآنية التي ما زالت متوجهة في الفرن يكون هناك توافقاً بين الجسم وطبقة الطلاء. (4)

وأثناء التبريد عندما يكون معامل التمدد الحراري T.E.C.

“Thermal Expansion Coefficient” للجسم أقل من معامل التمدد الحراري للطلاء،

1- Ref.27 Pp.424 2- Ref.15 Pp.74 3- Ref.27 Pp.421 4- Ref. 26 Pp.153

ينكمش الطلاء أكثر من الجسم وينشأ توتر "tension" بين الجسم والطلاء ، فى هذه المرحلة يبدأ الجسم فى الإنتفاخ ويكون الطلاء خاضع لإجهاد توترى. إذا كان الإختلاف فى معامل التمدد الحرارى كبير جداً يتصدع الطلاء ، وإذا كان الإجهاد ليس قوياً بدرجة كافية حتى يسبب التصدع مباشرة بعد الحريق ، فإن تأثيرات خارجية لاحقة يمكن أن تؤدي إلى التصدع بأى شكل (1).



والطلاءات يمكنها مقاومة الإنضغاط أكثر من مقاومتها للتوتر . وبعبارة أخرى فإن الطلاءات تقاوم كونها مضغوطة بسهولة أكثر من مقاومتها لنفس القوة التى تعمل على سحبها إلى أجزاء أى قوى التوتر. (2)

شكل ( 11 ) مقارنة بين قوى الشد والانضغاط فى الطلاء

#### 4-3 - طبقة الإتصال بين الجسم والطلاء "Buffer Layer".

تؤثر طبقة الإتصال بين الجسم والطلاء على حدوث التصدع ، فالإنفصال الفردى للأكاسيد من الطلاء إلى الجسم والعكس يؤدي إلى تشكيل طبقة متوسطة ذات تركيب كيميائى معننى "Chemico-mineralogical" ولها معامل تمدد حرارى T.E.C. يقع بين معامل التمدد الحرارى للجسم ، ومعامل التمدد الحرارى للطلاء . هذه الطبقة هى التى تمتص الإجهادات الناتجة.

وتشكيل طبقة الإتصال لا يعتمد فقط على التركيب الكيميائى للجسم والطلاء ولكنه يعتمد أيضا على مدى وطريقة المعالجة الحرارية . وقد وجد أن إضافة أكسيد المغنسيوم إلى الطلاءات الفللمسبارية البيضاء يقوى تشكيل طبقة الإتصال ويقاوم التصدع. (3)

#### 5-3- سمك طبقة الطلاء.

كلما كانت طبقة الطلاء الزجاجى أرق كلما كانت مقاومة التصدع أفضل وزيادة سمك طبقة الترجيح من أكثر الأسباب شيوعاً للتصدع . فنجد أن الطلاءات التى قد أظهرت مقاومة جيدة للتصدع على الجسم الذى طبقت عليه يمكن أن تتصدع على نفس الجسم إذا كان التطبيق

1- Ref.27 Pp.421 2- Ref.15 Pp.73 3- Ref.27 Pp.423

سميكاً جداً ، وبشكل مشابه ، فإن الطلاءات ذات التمدد العالي نسبياً يمكن منعها من التصدع إذا تم تطبيقها تطبيقاً رقيقاً . والطلاءات الملحبة والتي يكون لها تمدد حراري عالي نسبياً، نجد أنها تتصدع بسهولة إذا زاد الترسيب بقدر كبير عن السمك الطبيعي لطبقة الطلاء في حالة التطبيق بطريقة التغطيس على سبيل المثال. (1)

### 6-3 - الحريق.

تتصدع الطلاءات غالباً إذا لم تصل إلى درجة حرارة النضج أو تم حريقها حريقاً منخفضاً "under – fired" وذلك لأن الطبقة التي تتشكل من الجسم والطلاء طبقة الاتصال "buffer layer" تكون غير كافية وهذه الطبقة هي التي تمتص الإجهاد بين الجسم والطلاء. (2) كما أن درجة حرارة الحريق المنخفضة، والوقت القصير للحريق يقوى حدوث التصدع عن طريق إعطاء الجسم معامل تمدد حراري T.E.C. منخفض نسبياً. (3) وأيضاً فإن الحريق العالي للأجسام التي لا يوجد بها بللورات "non-cristobalite" يمكن أن يكون سبباً للتصدع نتيجة لانصهار بللورات السيليكا الحرة. (4) واستخدام جسم بسكويت ذو حريق منخفض "under-fired" يسبب التصدع أيضاً. (2) ويحدث التصدع في الطلاءات إذا تم حريقها حريقاً عالياً "over-fired" لأن الحريق العالي يؤثر على الجسم أكثر من تأثيره على الطلاء ، وغالباً ما يكون ذلك في الخزف الحجري " Stoneware" لأن الجسم والطلاء ينضجا سوياً ونظراً لأن السيليكا المتبلرة في الجسم قد أصبحت سيليكا منصهرة يكون لها معدل انكماش أقل كثيراً بينما الطلاء ما زال له نفس معدل الانكماش ولكنه بشكل نسبي ينكمش أكثر إذا كان الحريق عالي over-fired منه إذا تم الحريق عند درجة حرارة النضج الصحيحة. (4)

### 7-3 - نظام التبريد.

— يحدث التصدع بسبب نظام التبريد غير المناسب والتصدعات التي تحدث أثناء التبريد تكون متناهية الصغر ويمكن ملاحظتها بصعوبة بالعين المجردة وغالباً ما تظهر على المنتجات الكثيفة التي تحتوي على كميات كبيرة من الكوارتز الحر، لأن التحولات البلورية Polymorphous العكسية التي تحدث للكوارتز أثناء التبريد تؤدي إلى حدوث نسبة كبيرة من الانكماش. (5)

— وفي بعض الحالات يحدث التصدع أثناء مرحلة التبريد نتيجة للتطبيق السميك للطلاء وتطبيق

نظام التبريد السريع .

1- Ref.15 Pp .78

2- Ref.19 Pp .87

3- Ref.27 Pp .421

4- Ref.19 Pp .88

5- Ref.27 Pp .424

نظراً لأن التبريد دائماً يعرض الطلاء لقدر معتدل من الإجهاد الضاغط "compressive stress" ولهذا تكون الطلاءات السمكية عرضة للتصدع ، بينما الطلاءات ذات السمك المتوسط على جسم بسكويت محروق جيداً لا تتصدع. (1)

### 8-3- الصدمة الحرارية.

— منطقياً لا يتم فتح باب الفرن حتى يكون حمل الأواني في نفس درجة حرارة الغرفة تقريباً. ولكن نفاذ الصبر أو الفضول أو متطلبات العمل تؤدي إلى فتح باب الفرن قبل ذلك مما يعرض الأواني للتشقق. وإذا تم فتح باب الفرن وكانت درجة حرارة الأنية فوق 100°م سيؤدي ذلك إلى صدمة حرارية في الأنية أكبر من الصدمة التي تحدث عند استقبال الماء المغلي أو أي تغييرات مفاجئة أخرى في درجة الحرارة. (2) وبعبارة أخرى فإن التبريد المفاجئ لسطح الأواني الساخنة يحدث تشققات في الطلاء أكثر من حدوث ذلك مع التسخين المفاجئ. (3)

وبكل تأكيد لا يجب فتح باب الفرن (بالاستوديو) أو سحب عربات الأواني من الفرن النفقي أو فرن الشحن (بالمصنع) بينما تكون درجة حرارة الأنية أعلى من 200 °م لأن ذلك يؤدي إلى مخاطر التشوه بسبب التغيرات الحجمية في انعكاسات البللورات. — ويصعب قياس درجة الحرارة الدقيقة للأنية بسبب التأثيرات الحرارية لأثاث الفرن. وعند فتح باب الفرن نسمع أزيزاً من حمل الأواني ويعتبر ذلك إشارة أكيدة لتأثير الصدمة الحرارية. (2)

### 9-3- تمدد الرطوبة.

— عند إختيار طلاء له معامل تمدد حراري يتوافق مع معامل التمدد الحراري للجسم لا نحصل بشكل مؤكد على طلاء خالي من التصدع ، نظراً لأن الأجسام المسامية مثل الخزف الأرضي تتمدد نتيجة لامتناس الرطوبة وبالتالي يكون التمدد الحقيقي في الجسم مختلفاً عنه في الطلاء . فعندما تتعرض الأجسام المسامية لهواء رطب يمكن أن تتمدد في درجة حرارة الغرفة. (1) — وعندما تتمدد تلك الأجسام بشكل مستمر فإن الطلاء لا يتمدد ولكنه يتصدع ليلائم الشد الذي وقع عليه وذلك يؤدي إلى التصدع على منتجات الخزف الأرضي والأجسام المسامية الأخرى. (4) وبالمقارنة بالتمدد الحراري فإن التغير في الحجم في هذه الحالة ينسب إلى الانتفاخ الداخلي "Internal swelling" وتحت تأثير التمدد للرطب، فإن التوترات الناتجة عن توهج الحريق تتحول تدريجياً إلى إجهادات شد تقوى حدوث التصدع إذا تجاوزت حد مطاطية الطلاء. (1)

1- Ref.27 Pp.422 2- Ref.15 Pp.79 3- Ref.15 Pp.73 4- Ref. 19 Pp.87

### 10-3- ظروف الاستخدام.

— يمكن أن يحدث للتصدع أثناء التبريد ولكن معظم للطلاءات تأتي من الفرن خالية من التصدع وتظل الإجهادات التي مستسبب للتصدع موجودة ويقتل من وجودها مطاطية للطلاء وقوته . والأواني الاستخدامية مثل أدوات المائدة وأواني الفرن تتعرض لإجهاد حراري بشكل مستمر وتصبح تلك الإجهادات مبالغاً فيها بسبب التمدد والانكماش من كثرة وطول فترة الاستخدام مما يعرض طبقة الطلاء الزجاجي للتصدع. ويستغرق ذلك مدة طويلة حتى يظهر ربما تصل إلى سنوات عديدة نظراً للتسخين والتبريد الذي يتعرض له الجسم والطلاء معاً بشكل غير منتظم. (1)

### 11-3- إضافة الأكاسيد المعدنية للطلاء.

— إضافة الأكاسيد المعدنية للطلاء مثل أكسيد النحاس، أكسيد الحديد، ثاني أكسيد المنجنيز سوف تزيد من تمدده الحراري. على سبيل المثال فإن الطلاءات العسلي الملونة باستخدام أكسيد الحديد تكون مقاومتها للتصدع أقل من قواعد الطلاءات التي تنتج بدون إضافة أكسيد الحديد لها.

— وإضافة صبغات الطلاء المجهزة stains يمكن أن يكون لها تأثير مشابه نظراً لأنها تكون عبارة عن مزيجاً من الصبغات المعدنية سابقة الصهر "frit".

وحتى نعوض ذلك فمن الضروري إما الحريق الأعلى أو فترة تثبيت أطول (فيما عدا البورسلين) أو أن نجعل الطلاء أكثر مقاومة للتصدع بدمج الفلنت أو الكوارتز أو طلاء سابق الصهر فنخفض التمدد أو أن نجعل طبقة الطلاء أقل سمكاً إذا كان ذلك ممكناً (نظراً لأن درجة اللون ستأثر) (2)

### السيليكا ودرجة التصدع:-

تقوم الخامات بدور مهم في إحداث التصدع في طبقة الطلاء الزجاجي بصورة كبيرة أو صغيرة أو في مقاومته ، وذلك تبعاً للاختلافات الناتجة عن معاملات التمدد بين الخامات المكونة للجسم والخامات الداخلة في تكوين طبقة الطلاء الزجاجي. وفيما يلي نوضح أهمية السيليكا كواحدة من أهم مكونات الطلاءات الزجاجية والدور الذي تقوم به في الجسم والطلاء:-

### السيليكا:-

تظهر السيليكا بوفرة في الصخور البركانية وبالتالي في الطينة (لأن الطين ينتج من تحلل الصخور البركانية والجرانيتية) وفي الحجر الرملي والفلنت. ولذلك فإن كل الطينيات الخزفية تحتوي على

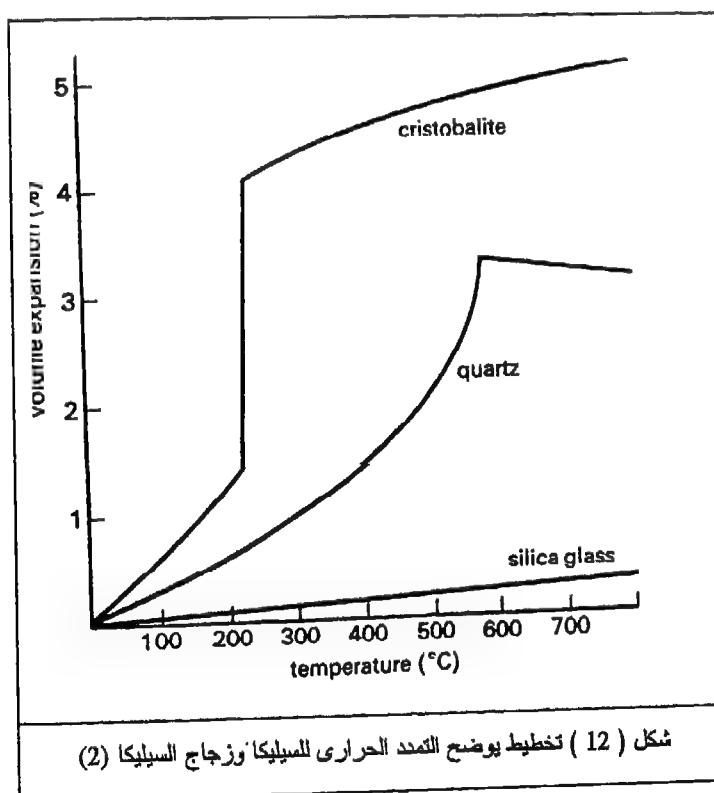
1- Ref.19 Pp.87

2- Ref.15 Pp.79

السيليكا إما متحدة مع معادن الطينة أو فى شكل حر، أو موجودة مباشرة على هيئة مكلسة وترسيبات لحصوات الفلنت أو ترسيبات لرمل السيليكا.

وتوجد السيليكا فى أشكال بللورية مختلفة والشكل الذى يحدث طبيعياً هو الكوارتز ولكن أثناء الحريق فإن بعضاً منه يتحول إلى التريديميت "Tridymite" والكريستوباليت "Cristobalite" وكلها ذات تركيب متماثل " $\text{SiO}_2$ ". ويمكن الاختلاف بين تلك الصور فى طريقة تشابك رباعيات السيليكون  $\text{SiO}_4$  فى التركيب المتشابه، ومن الجدير بالذكر أنه أثناء التسخين يكون هناك تحول مستمر من طور الكوارتز إلى التريديميت أكثر (كوارتز أقل) بعد الحريق منه عند بداية الحريق. (1)

بالإضافة إلى ذلك هناك تحول من كل نوع إلى نوع فرعى آخر، هذا التحول يكون مترافقاً مع التعديل فى النظام الشبكي لبعض المرحل أثناء دوره التسخين حتى أنه يسبب تمدد مفاجيء للبللورات والذى ينعكس عند التبريد.





هذه التعديلات الهامة كما يلي:-

بيتاكريستوباليت 250 °م	←→	ألفاكريستوباليت
بيتا كوارتز 573 °م	←→	ألفا كوارتز
بيتا تريديميت 80.150.200 °م	←→	ألفا تريديميت

هذه التغيرات من ألفا إلى بيتا أثناء الحريق والانعكاس السريع إلى شكل ألفا أثناء التبريد، يعرف بانعكاسات السيليكا.

وفي الجسم الخزفي يبدأ التحول من بيتا كوارتز إلى كريستوباليت فوق 1000°م ولكنه يكون بطيء جداً إلى أن يحدث تحول بنسبة مئوية صغيرة ، وعلى أي حال فعندما ترتفع درجة الحرارة وأيضاً كنتيجة لفعل العامل المساعد، فإن التحول يستمر مع السرعة المتزايدة حتى فوق 1200 °م ويكون التحول إلى طور بيتا كريستوباليت هام جداً. (1)

وتغيرات هذا الطور تعتمد على الوقت حتى أنه مع دورات الحريق الطويلة أو التثبيت للفرن ستنتج تحولات أكثر منها في دورة الحريق السريع. وبالتالي فإن تكوين الكريستوباليت في الجسم الخزفي يكون بسبب الحريق العالي وهذه التحولات تحدث ببطيء وتعتمد على وقت الحريق. (2) وكلما كانت كمية الكريستوباليت التي تشكلت أكبر كلما سيكون التمدد الحراري (والانكماش الحراري) للجسم أكبر وبالتالي كلما ستكون مقاومة للتصدع أكبر.

أثناء التبريد بعد حريق الطلاء يصبح الطلاء أكثر لزوجة بشكل متصاعد حتى يصبح في النهاية صلب تقريباً.

- بالنسبة للطلاءات ذات درجة الحرارة المنخفضة أو طلاءات الخزف الأرضي يحدث ذلك عند حوالي 550 - 700 °م .

- وبالنسبة للطلاءات ذات درجة الحرارة العالية يحدث ذلك عند حوالي 650 - 850 °م وأعلى من هذا المدى فإن أي إجهاد ينشأ من اختلاف الانكماش في السطح البيئي للجسم والطلاء سيُحرر بالتنفق للزج للطلاء ، ولكن تحت هذا المدى يعتبر الطلاء صلب جداً لدرجة أنه لا يعدل.

وإذا كان الجسم الخزفي مركب بشكل صحيح وتلقى الحرارة الكافية فإن الانكماش المفاجئ بسبب انعكاسات الكوارتز والكريستوباليت عند 573 ، 250 °م على التوالي، سينتج في إجهاد ضاغط يقع على الطلاء ويظل هذا الضغط في الطلاء عندما تؤخذ الأنية من الفرن. (2)

في حالة الخزف الأرضي فإن محتوى الجسم من السيليكا الحرة يجب أن يكون عالي حتى يتمكن من عمل التحولات الكافية واللازمة لإنتاج الكمية المطلوبة من الكريستوباليت عندما يحرق إلى مدى درجات الحرارة الخاصة بهذا الجسم.

أما مع الأجسام ذات الحرق العالي مثل الخزف الحجري فإنه يلزم سيليكا حرة أقل كثيراً نظراً لأن معدل التحول يكون أسرع كثيراً ويمكن أن يتشكل الكريستوباليت الكافي من محتوى أقل من السيليكا الحرة. ونجد أن العديد من الطينيات الموجودة في الطبيعة تحتوي على السيليكا الحرة الكافية حتى تنجز التحولات الكافية عند درجات الحرارة العالية وهكذا فإن الإضافة المباشرة من السيليكا الحرة إلى أجسام الخزف الحجري عادة لا تكون ضرورية. وعلى أي حال، فإن طبقة التفاعل في الخزف الحجري تكون قوية جداً عنها في الخزف الأرضي ويكون احتمال التصدع أقل لأن الاندماج مع سطح الجسم يكون أفضل. (1)

ويمكننا هنا توضيح بعض الحقائق الهامة الأخرى:-

— حجم الحبيبات هام جداً ، فالسيليكا الناعمة تتحول بسهولة أكثر من السيليكا الخشنة. ويفضل استخدام الفلانت بدلاً من الكوارتز كمصدر للسيليكا الحرة في أجسام الخزف الأرضي نظراً لأن معدل تحوله يكون أفضل كثيراً بسبب دقة حجم حبيباته واحتوائه الطبيعي على كمية قليلة من  $\text{CaCO}_3$  كربونات الكالسيوم (5%) والتي تقوم بدور الوسيط الكيميائي في تحفيز التحول. (1)

— السيليكا ذات معامل تمدد منخفض بالنسبة لكل خامات الطلاء وإضافتها إلى الجسم الطيني تزيد معامل تمدده أما إضافتها إلى الطلاء فهي تقلل التمدد نسبياً مع الأكاسيد الأخرى للطلاء. (2) ونظراً لذوبانها في مصهور الطلاء فإن معدل انكماشها ينخفض أما في الجسم فإنها تميل لأن تظل في الشكل البللوري وفي هذا الشكل يكون لها معدل انكماش عالي. (3)

— أثناء دورة التسخين والتبريد، السيليكا المتبلرة "Crystalline silica" في الجسم تكون لها خواص تختلف تماماً عن السيليكا المنصهرة "Fused silica" في الطلاء. وخاصية السيليكا الموجودة في الجسم والتي تتحكم في التصدع هي تحول الشكل البللوري لها من ألفا كوارتز إلى بيتا كوارتز عند درجة حرارة (573 م°) ، هذا التحول البللوري يكون مصحوباً بزيادة خفيفة في الحجم، وهي التي تسمح بالتحول الانعكاسي لتلك السيليكا التي تتمدد عند التسخين إلى درجة حرارة أعلى من 573 م° والتي سوف تنكمش عند التبريد إلى حجمها الأصلي. (4)

1- Ref. 15 Pp. 75 2- Ref. 25 Pp. 203 3- Ref. 19 Pp. 88 4- Ref. 26 Pp. 155

والأشكال المختلفة Polymorphous للسيليكا الموجودة في الجسم عند درجة 573 °م تستلزم درجة تمدد حجمي معين وبالرغم من أن التغير في الحجم يمكن أن يكون بسيطاً ولكن يكفي حتى يتلاءم الجسم والطلاء بشكل أفضل. (1)

وإذا زادت كمية السيليكا في الجسم فسوف يحدث للتصدع أثناء التبريد حتى إذا تم التبريد بشكل تدريجي. ويرجع ذلك إلى التغير الكبير في الحجم. (2)

### خامات تقاوم ظهور التصدع:-

— المواد الصهارة لها دور أساسي في مقاومة التصدع حيث أن أكسيد الرصاص و/أو أكسيد البورون يزيد من مرونة الطلاء ومقاومة التصدع وذلك تبعاً لنسبته في تركيبة الطلاء الزجاجي. كما أن أكسيد البورون له معدل انكماش منخفض كبير وكمية في حدود 15 % تقريباً في الطلاء سيكون لها تأثير مقاوم للتصدع. وإضافة كمية أكثر من 15 % من أكسيد البورون ربما تؤدي إلى تأثير معاكس (أي تؤدي إلى التصدع) لأن مقاومة الطلاء للتصدع تقل عند إضافة كميات كبيرة من أكسيد البورون ويطلق على هذا التأثير بوراسيتز

“(3). Boracitis”

— الكميات الصغيرة من أكسيد التيتانيوم تقاوم ظهور التصدع. (4)

— إضافة أكسيد الكالسيوم في صورة الحجر الجيري Whiting” أو مركبات أخرى من مركبات الكالسيوم إلى الجسم يزيد معامل التمدد الحراري وتقاوم التصدع. (5)

— المواد المحفزة بالجسم الخزفي والتي تسرع عملية التحول في السيليكا من صورة بلورية إلى صورة أخرى تعتبر هامة جداً. والكالسيوم والمغنيسيوم من أكثر المواد المحفزة أهمية ويمكن تواجدهما في الجسم على هيئة تلك (سيليكات المغنيسيوم) ودولوميت (كربونات الكالسيوم والمغنيسيوم) وحجر جيرى (كربونات الكالسيوم) وهى تعطى مقاومة أفضل للتصدع.

— وجود أكسيد الحديد في الجسم الخزفي له تأثير مباشر على التمدد الحراري والانكماش. فإن وجوده بنسبة من 4: 11% في الجسم بالإضافة إلى التأثير المحفز للكالسيوم يمكن الأجسام الطينية الحمراء من إظهار مقاومة جيدة للتصدع عند درجة حرارة الحريق المنخفضة جداً. (6)

— كلجنة الكوارتز المضاف إلى الجسم وطحنه إلى قوام أنعم يقاوم التصدع. (5)

1- Ref.27 Pp .424

2- Ref.26 Pp .155

3- Ref.19 Pp .87

4- Ref.27 Pp .423

5- Ref.27 Pp .422

6- Ref.15 Pp .76

ومن خلال ما سبق يمكننا القول بأن التصدع يحدث بزيادة التمدد الحراري للطلاء ومن ثم انكماشه في التبريد. ويتم ذلك باختيار أكاسيد للطلاء تكون أكبر في معاملات التمدد الحراري. وأحياناً يصعب عمل ذلك بدون تعديل جنري في درجة حرارة النضج.

#### وفيما يلي الطرق الفعالة لحدوث التصدع في الطلاء:-

— يمكن أن يحدث التصدع بتعديل الجسم الطيني وفي هذه الحالة يتم تقليل المواد ذات التمدد العالي في الطينة وعندما تبرد الطينة سيتكسب بمعدل أقل ويظل الطلاء تحت شد Tension وهذا يعني تقليل الفلدسبار أو أي مادة سابقة الصهر "fritted material" تحتوي على أكاسيد لها تمدد عالي من الصوديوم والبوتاسيوم في الطينة .

— أما بالنسبة للتعديل في الطلاء :-

— استبدال الأكاسيد ذات التمدد الحراري المنخفض. T.E.C. ( $B_2O_3$ ,  $ZnO$ ,  $MgO$ ) بأكاسيد ذات تمدد حراري عالي.

— تقليل السيليكا.

— إحلل عوامل صهارة ذات وزن جزيئي عالي بدلاً من عوامل صهارة ذات وزن جزيئي منخفض (56-CaO , 223-PbO).

— زيادة أي مادة تحتوي على الصوديوم أو البوتاسيوم.

— زيادة الفلدسبار.

— تقليل أكسيد البورون.

— تقليل الألومينا .

— تطبيق طبقة سميكة من الطلاء.

## التشقق (التشريح) "Cracking"

- في البداية لابد من الإشارة إلى أن هناك نوعان من الشروخ:-

### أولاً: شروخ في الجسم بعد الجفاف أو الحريق.

غالباً ما تنتج مثل هذه الشروخ من سوء تناول الجسم عند مرحلة جفاف الجلد على سبيل المثال عند عدم توخي الحذر في إصلاح حافة آنية وربما يظل هذا الإجهاد غير واضح حتى تصبح الآنية في مرحلة جفاف كامل أو في مرحلة البسكويت. والتبريد السريع جداً خلال مرحلة تحولات الكوارتز والكريستوباليت يمكن أيضاً أن يسبب ظهور شروخ وسوف تتزايد احتمالات حدوث التشريح أثناء التبريد مع وجود سيليكات أكثر من اللازم في الجسم.(1) وفيما يلي بعض الأسباب الأخرى للتشريح:-

- الترطيب غير المتجانس في نفس القطعة - على سبيل المثال- عند وجود بعضاً من الماء في قاعدة الآنية أثناء التشكيل على عجلة الخزاف.
- شد الطين أثناء تشغيلها.
- الجفاف الجبري أو غير المنتظم.
- تطبيق البطانة على آنية جافة للغاية أو العكس، أي تطبيق البطانة على آنية رطبة جداً.
- وجود سمك غير منتظم في الآنية وبخاصة عند قاعدة الإناء.
- استخدام طينة رطبة مع طينة أكثر جفافاً.
- استخدام طينة لها معدل انكماش كبير.
- وجود قطع من الجير أو الحجر في الطينة.
- وجود حمل من الوزن الزائد على الآنية نتيجة للرص غير الجيد للفرن.
- ثنى الشرائح وهي يابسة جداً -على سبيل المثال- كما في حالة الأواني التي يتم تشكيلها حول أسطوانات.
- تشغيل الطينة بعد أن تكون قد جفت إلى ما بعد مرحلة اللدونة.(1)

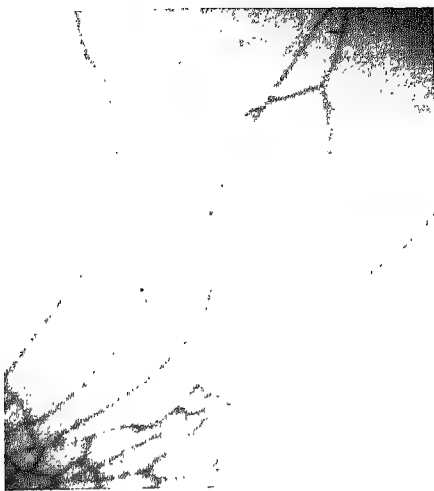
### ثانياً:- شروخ في السطح الخارجي للجسم المظلي بطلاء زجاجي.

تحدث مثل هذه الشروخ في الطلاءات الزجاجية بسبب الإجهادات الطبيعية التي تتواجد بشكل مستمر في الأجسام الخزفية مثل التمدد والانكماش، التسخين والتبريد الخ من الأسباب التي تؤدي إلى تصدع الطلاءات، وعندما يكون هذا التصدع متعمداً وتحت التحكم يطلق عليه التشقق.

(2)

## التشقق (التشريح) "Crackle" . "Crackle" . "Craquelle" .

### [1] - تعريف:-



شكل ( 13 ) نموذج للتشقق في الطلاءات (4)

التشقق عبارة عن شبكة من التشققات تظهر في طبقة الطلاء الزجاجي على هيئة شروخ أو صدوع بمساحات كبيرة أو صغيرة ويتوقف ذلك على مدى الإجهاد الحادث في طبقة الطلاء فكلما قل الإجهاد ظهرت صدوع ثانوية صغيرة ودقيقة جداً . ويستخدم التشقق كوسيلة لزخرفة الأسطح الخزفية وتطبيقه على جسم فاتح اللون يظهره بشكل جيد.(1) وأيضاً فإن إختيار الوقت المناسب لتلوين التشقق يجعلنا نرى شبكة خطوط في أفضل صورة زخرفية ممكنة.(2)

### [2] - نوعية الطلاءات والأجسام التي تناسب التشقق.

تظهر التأثيرات المتشقة في معظم الطلاءات فيما عدا الطلاءات المطفأة، (1) و الطلاءات التي تحتوى على نسبة عالية من أكسيد الصوديوم وأكسيد البوتاسيوم ذات معامل التمدد العالى يكون لديها الميل للتشقق على معظم الأجسام الخزفية .(3) ويعتمد ظهور التصدع على نوع الفلدسبار المستخدم وعلى الأكاسيد المختلفة الداخلة في تركيبه ومعدلات التمدد والإنكماش الخاصة بها ، وأفضل أنواع الفلدسبارات هو النيغلين سيانيت . كما أن إختيار المادة الصهارة يؤثر في درجة التصدع أيضاً فنجد الحجر الجيري أفضلها وهناك كربونات الباريوم ، وأكسيد الزنك ، وكربونات الليثيوم ، وكربونات المغنيسيوم . (4) والطلاءات ذات المحتوى المنخفض من الألومينا والسيليكا إلى درجة كبيرة يظهر بها صدوع وتشققات . كما أن الأجسام الطينية ذات معامل التمدد الحرارى المنخفض تجعل الطلاء المطبق عليها يميل إلى التشقق ، والأجسام التي يضاف إليها التالك Talc ربما تتمدد بدرجة أقل من الطينيات العادية وبهذه الطريقة يزيد احتمال التشقق.(3)

1- Ref.23 Pp .210 2- Ref.19 Pp .85 3- Ref.10 Pp .21 4- Ref.28 Pp .20

### [3] - تقنيات الحصول على التشقق:-

عند اكتمال حريق الطلاء يمكن نقل الأتية من الفرن وهو مازال ساخناً لدرجة عدم القدرة على التعامل مع الأتية باليد مباشرة ، وذلك باستخدام فرن ذو إمكانيات تسمح بذلك. ويمكن تنقيط الأتية أو رشها بالماء البارد وهي ما زالت ساخنة حتى تعطى خطوط تشقق أقوى.

وقد كان الخزافون الصينيون عادة يقومون بتسخين الأواني التي بها تصدع في أشعة الشمس الحامية ثم يقومون بعد ذلك بتغطيسها في ماء بارد حتى تظهر بها وتشققات أقوى. (1) وعندما يحدث التصدع الأولي يتم حك الملونات في التشققات حتى تعطى تأثيراً زخرفياً ، وقد تم عمل ذلك في السيلادونات الصينية المتشققة ، ففي البورسلين الصيني كانت خطوط التصدع الأولى الطويلة تملأ بالصبغات قبل خطوط التصدع الثانوية التي تظهر بعد ذلك في الوسط. (2)

ولتأكيد خطوط التشقق يتم حك الحبر الهندي فيها أو باستخدام شراب السكر وتسخين الأتية في الفرن حتى يتفحم السكر. (3) أو باستخدام أكسيد ثلويين أو شاي أسود في المساحات المتشققة. (4)

ويمكن أن تتم عملية التلوين بتسخين الأتية لدرجة حرارة تفوق احتمال الجلد وتغطيسها بعد ذلك في محلول أحد الملونات المختلفة القابلة للذوبان بتركيز 5 % وهذه الملونات تتضمن نترات الكوبالت، نترات النحاس، نترات الحديد... وغيرها ، وعندما تبرد الأتية ينفع المحلول في التشققات خلال الفراغ الناتج عن تكاثف البخار. وعندما تجف الأتية يمكن إزالة الطبقة الرقيقة الزائدة من الملون المذاب بمسح السطح بلطف باستخدام إسفنجة مبللة. بعد الحريق عند مخروط (018) 710 °م هذه الأملاح تتحلل وتملأ التشققات بالأكاسيد الملونة. (1)

يمكن استخدام للطلاءات الملونة ذات الحريق المنخفض بدلاً من الملونات القابلة للذوبان. وهذه للطلاءات يمكن تطبيقها على الأتية وهي ساخنة وعندما تجف يمكن مسح أي طلاء لم يمتص في التشققات قبل أن تحرق الأتية عند درجة حرارة منخفضة ويمكن استخدام الصبغات "Stains" لتلوين ذلك الطلاء وإضافة كربونات الكوبالت حتى 1 %، أكسيد الحديد الأحمر حتى 5 % تنتج سلسلة ملونات جيدة.

— الأسود الجيد يمكن الحصول عليه باستخدام:-

- 1.5% أكسيد كوبالت.

- 1.5% أكسيد كروم أخضر.

- 1.5% أكسيد حديد أحمر. (1)

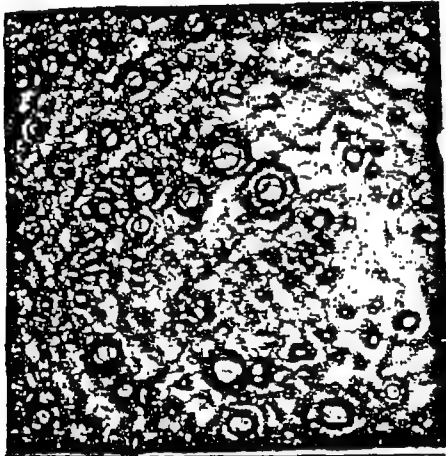
### طريقة التجزيع المنصهر "Melt - Crackle"

وفيها يسمح لطبقة الطلاء الزجاجي بالتشقق بعد التطبيق والحرق في درجة حرارة منخفضة ، ثم تغطى طبقة الطلاء بالأكسيد الملون وبعد حركها بخفه داخل التشققات تبعاً لتأثير فنى مرغوباً فيه يعاد حرقها مره أخرى حتى درجة حرارة النضج وفى النهاية تظهر التشققات وقد امتلأت بالطبقة الملونة. ومن الممكن إنتاج شبكة تشققات واحدة على الأخرى بإستخدام طلاءين منفصلين . يمكن أن ينتج الطلاء ان نمطين مختلفين تماماً من التشققات والإرتباط بينهما يمكن أن يعطى تأثيراً شيقاً. (1) وقد كان الصينيون قادرون على إنجاز هذا التأثير من خلال الحرق المتعاقب لشبكة من التشققات الكبيرة والدقيقة معاً، كل منها ملون باكسيد تلوين مختلف. (2)

### البثور "Blistering" والغليان "Boiling". (3)

#### (أ) البثور "Blistering"

##### [1] تعريف .



شكل ( 14 ) نموذج للبثور فى الطلاءات

تتصاعد الغازات الناتجة عن المعالجة الحرارية فى صورة فقائيع مكتملة أو حفر من الفقائيع المنفجرة. ويحدث ذلك قبل مرحلة تمام تسوية الطلاء ، وتلك الغازات إما أن تكون ناتجة من تفاعل مكونات الطلاء نفسها ، أو من تفاعل مكونات الجسم المطبق عليه الطلاء. ومع إرتفاع درجة الحرارة تزيد التفاعلات المصاحبة فتتطلق العديد من الغازات مثل:-

- ثانى أكسيد الكبريت من مواد التلوين التى تحتوى على أكسيد الحديد عند 900 °م .
- الأكسجين من ثانى أكسيد المنجنيز . عند 1080 °م .
- الفلورين من حجر الكورنيش عند 1150 °م .
- وهناك مكونات أخرى يحدث لها غليان ثم تتطاير. مثل أكسيد الصوديوم فوق درجة حرارة 1200 °م . (4)



وعندما ينصهر الطلاء فإن نواتج الحريق الغازية تشكل مساماً مطوية ، ومع إرتفاع درجة الحرارة وإنخفاض اللزوجة تتخذ هذه المسام شكلاً كروياً نتيجة للتوتر السطحي "surfacing tension" ، ومع إستمرار إرتفاع درجة الحرارة تتدمج الفقاعات الصغيرة لتشكل فقاعة أكبر. وتكون الفقاعات في النهاية لها سمك أقل من سمك الطلاء ، نتيجة لتشكل إنخفاضات فوق الفقاعات. وعندما ترتفع درجة الحرارة ويكون خروج الغازات معتدلاً فإن الفقاعات التي تعجز عن الوصول للسطح تتشكل على هيئة بثور "blisters". وإذا خرجت غازات أكثر تصل الفقاعات إلى سطح الطلاء ، وأى فقاعة تصل إلى سطح الطلاء ستنفجر تاركة خلفها ثقباً مفتوحاً "blowholes" وحفر "craters". (1)

وعندما تحاول الفقاقيع أن ترتفع عمودياً ، تستغرق وقت أطول حتى تخرج من الأسطح الرأسية التي تتدلى بالقرب من القاعدة في الأشكال المنتفخة ومن داخل حواف قاعدة الآتية.

## [2] نوعية الطلاءات التي لها قابلية لحدوث التشنج.

الطلاء الكثيف stiff غالباً يحبس الفقاقيع فيه ويعطيها عتامة خشنة ، والكثافة عند الإنصهار تسمى لزوجة ، بينما الطلاء السيل fluid يسمح للفقاقيع أن تخرج بسرعة ولا يظهر به ندبات. (2)

الطلاءات الرصاصية التي يكون لها وزن نوعي كبير ولزوجة منخفضة تترك الغازات تعبر خلالها بسهولة ، ولذلك نادراً ما تشكل بثور . أما إذا تعرضت الطلاءات الرصاصية مصادفة لأجواء إختزال في الفرن ، سيظهر بها بثور ويصبح الطلاء رمادياً أو مسوداً ، والسطح يمكن أن يكون مغطى ببثور كبيرة وحفر ، حيث أن أكسيد الرصاص ذو حساسية بالنسبة لجو الحريق ويُختزل بسهولة. (3) والطلاءات التي تحتوى على الرصاص في صورة frit (مادة سابقة للصهر) تكون أقل عرضه للتبثير في ظروف الإختزال من تلك الطلاءات التي تحتوى على مركبات الرصاص الخام. (4)

الطلاءات سابقة الصهر تمتص غازات أكثر من الطلاءات الخام وبالتالي تظهر ميلاً كبيراً للتبثير أكثر من الطلاءات الخام المماثلة لها في التركيب ، والطلاءات التي تحتوى على أكسيد الحديد "ferric oxide" تكون أكثر عرضه للتبثير. (3)

---

1- Ref.27 Pp .431 2- Ref.19 Pp .27 3- Ref.27 Pp .432 4- Ref. 26 Pp .158

### [3] الأسباب التي تؤدي إلى ظهور البثور.

3-1- ظروف الحريق وجو الفرن .

3-2- مسامية الجسم وغازات التنخين الكبريتية.

3-3- الغازات الموجودة في الطلاء الخام.

3-4- التطبيق السميك

### 3-1- ظروف الحريق وجو الفرن:-

التبديد المبكر للطلاء ، والتسخين السريع ، والانحدار "gradient" الكبير لدرجة الحرارة داخل الجسم ، وجو الإختزال كلها عوامل تقوى حدوث البثور .  
وعندما تتشكل الفقاعات يكون هناك تبادل مستمر للغازات بين الطلاء والفقاعات الفردية، وأيضاً بين الطلاء وجو الفرن ، ولذلك تأخذ الفقاعات في النهاية نفس التركيب مثل جو الفرن. وإذا لم يتصلد الطلاء بعد قليل من تشكيل هذه الفقاعات يكون من الممكن عمل تحليل سريع للغاز بواسطة طرق تحليلية دقيقة :-

- تحليل ميكروني "Microanalytical"

- تحليل ميكروجرافى "Chromatoraphy"

- تحليل طيفى "Spectography"

وبذلك يمكن تمييز أصل الفقاعات.(1)

- وقد إكتشف سلوجانكى "Slawjanki" طريقة تحليل الغاز المحتبس في المصهور الذائب وقد طبق هذه الطريقة لتحليل فقائيع الغاز في طلاءات البورسلين وقد قرر التركيب الآتى:-

CO<sub>2</sub> من 10 : 13 % ، N<sub>2</sub> من 82 : 85 % ، O<sub>2</sub> من 2 : 5 %.

وهذا التركيب الكيميائى يبرهن على أن الفقائيع ليست ناتجة عن تحليل للكربونات ولكنها تنشأ من غازات الفرن ولتى تنشبع في الجسم الذى ما زال مسامياً وتخرج عندما يتبلد . وجو الفرن يحتوى على نفس الغازات التى قد وجدت في الطلاء المنصهر أي CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>، بخار الماء .  
الخ. (2)

### 3-2- مسامية الجسم وغازات التنخين الكبريتية:-

يزيد ميل الطلاء لتكوين البثور مع مسامية الجسم وأيضاً استخدام الوقود الرطب damp fuels هو سبب آخر للبثور . ويرى أشاجان "Achajan" أن البثور هى نتيجة لتكثيف غازات التنخين الكبريتية الناتجة من إحتراق الوقود .

وقد برهن ساجوب "Sagop" تجريبياً على أن البثور في طلاءات البورسلين ترد أحياناً إلى التأثيرات المضادة للغازات التدخين في منطقة التدخين عند درجة 400 م° ، ثاني أكسيد الكبريت SO<sub>2</sub> الموجود في غازات التدخين يتأكسد إلى ثالث أكسيد الكبريت SO<sub>3</sub> ويتفاعل مع أكسيد الكالسيوم في الطلاء ليشكل كبريتات الكالسيوم والتي بعد ذلك تتفكك وتنتج غاز عندما ينصهر الطلاء . وقد درس كل من ليكريفان "Lecrivain" ومارسن "Marethen" وفارجس "Farges" طلاء حرقه واحده به مواد عتامة من الزركون عند درجة حرارة 1250 °م، وقرروا بأن مسامية الجسم العالية تعتبر سبباً للبثور .(1)

### 3-3- الغازات الموجودة في الطلاء الخام:-

يؤكد بستيكر "Besticker" أن الغازات الموجودة في الطلاء الخام هي السبب الرئيسي لظهور البثور، وقد وجد أيضاً أن النيتروجين هو المكون الأساسي للطور الغازي في الفقاعات ، لأن الأكسجين يذوب في المصهور . وفضلاً عن دخول غازات الفرن في الطلاء ، يحدث التبخير أيضاً بسبب تشكيل الغازات عند إحتراق الكربون المحتبس في مسام الجسم ، وأيضاً بخروج الغازات من المحاليل المشبعة في الطلاء المنصهر ، وإمتصاص الهواء بواسطة حبيبات الطلاء ، وخروج الغازات من مسام الجسم .(2)

### 3-4- التطبيق السميك:-

تنتج البثور إذا تم تطبيق الطلاءات بشكل سميك وعادة ما تكون البثور مرئية داخل التجويفات حيث يكون هناك بركة من الطلاء في القاع ، وذلك حيثما يكون التطبيق السميك للطلاء . في هذه الحالة يمكن رؤية بثور كبيرة في الطلاء ، وتلك البثور التي على السطح يمكن أن تنكسر بسهولة .(3)

### (ب) الغليان "Boiling"

#### [1]- تعريف .

في الحالات التي تكون فيها فقائيع الغاز عديدة وتخترق سطح الطلاء فإن هذا المظهر السطحي الناتج يسمى بالغليان ، وهو عيب متكرر في الطلاءات ذات الإنصهار المنخفض .

#### [2]- العوامل التي تؤدي إلى ظهور الغليان في الطلاء .

1-2- درجة حرارة غليان الطلاء .

2-2- التوتر السطحي للطلاء ودرجة نعومة الطلاء .

3-2- معدل التدخين وجو الفرن .

## 2-1-درجة حرارة غليان الطلاء .

كل طلاء له درجة حرارة غليان خاصة به تعتمد على لزوجته "viscosity" ، ومعدل التسخين "heating rate" والتركيب الكيميائي له ... إلخ .

— فالطلاءات المعتمدة سابقة الصهر "fritted" وغير سابقة الصهر "unfritted" أيضاً تغلي عند لزوجة 4000 - 9.000 Pa.S .

— بينما الطلاءات الرصاصية الشفافة تغلي عند لزوجة 2.000 - 4.000 Pa.S ويذكر بريموند "Bremond" أن 2.000 - 2.500 Pa.S تعتبر لزوجة قصوى لطلاءات الخزف الأرضي earthenware والبورسلين Porcelain . وأن اللزوجة أقل من 1.000 Pa.S تعتبر عامل مساعد لغليان الطلاء .

## 2-2-التوتر السطحي "Surface tension" ودرجة نعومة الطلاء .

التوتر السطحي للطلاء له تأثير على الغليان ، نظراً لأن أي زيادة في التوتر السطحي تجعل الطلاء أكثر صلابة فيما يتعلق بزيادة حجم الفقاعات ووصولها إلى سطح الطلاء .

وطحن الطلاء طحناً خشناً حوالي 15-20 microns يعمل على زيادة درجة حرارة الانصهار ويقلل الميل للغليان ، ومن ناحية أخرى فهو أيضاً يضعف شفافية الطلاء "Transparency". (1)

## 2-4 - معدل التسخين وجو الفرن .

تريد درجة حرارة غليان الطلاء طردياً مع معدل التسخين . والغازات الكبريتية التي تنتج من حريق الفرن بوقود زيت ثقيل يمتصها الطلاء عند درجة حرارة 750 °م تقريباً وهكذا تبدأ الظروف التي تؤدي إلى تشكيل الكبريتات وأخيراً إلى غليان الطلاء .

## الخامات التي تؤدي إلى ظهور البثور والغليان .

— السبب المتكرر للبثور في الطلاءات الملونة هو وجود أكاسيد المنجنيز ، والكوبالت ، والنحاس ، والحديد ، ولا تسبب أكاسيد التلوين مشكلة في الطلاءات ذات الانصهار المنخفض مع محتوى عالي من أكسيد الرصاص ، ولكن استخدام أكاسيد التلوين أو الصبغات التي لم يتم تنقيتها بقرار كاف يمكن أن تسبب الغليان .

— المحتوى العالي من القلويات ، وأكسيد البورون ، وأكسيد الباريوم في الطلاء يقوى حدوث الغليان ، بينما أكسيد الزنك يكون له تأثير عكسي . (1)

— إحتواء الجسم أو الطلاء على كربيد السيليكون يمكن أن يؤدي إلى ظهور الفقائيع . كربيد السيليكون له تأثير قوى وبخاصة على طلاءات البورون Boric ، وطلاءات الرصاص Lead ، وطلاءات البورون والرصاص Boric / Lead ولكن تأثيره يكون أقل على الطلاءات الفلدسبارية "Feldspathic" (1).

كيفية الحصول على البثور والفقاعات:-

يمكن إيجاد هذه الملامس السطحية بإستخدام كمية كبيرة من المواد عالية الفاعليتي الطلاء مثل:-

— ثالث فوسفات الصوديوم Trisodium calgon

— أنتيمون Antimony

— كربيد السيليكون (2) Silicon carbide

### الثقوب الإبرية "Pinholing" والحفر "Pitting"

#### [1] - تعريف .

فقاعات الغاز الصغيرة التى تتشكل أثناء الحريق عندما تخترق الطلاء وتتفجر على السطح تاركة خلفها حفر صغيرة ويكون الطلاء المنصهر غير قادر على أن يملؤها يصبح مظهر سطح الطلاء أشبه بوسادة الدبابيس "pincushion" أو قشرة البيض "egg shell" ، وإذا كانت الحفر كبيرة بالقدر الكافى فهو يشبه سطح قشرة البرتقاله "orange peel" ، ووفقاً لذلك فإن هذا العيب يشار إليه بالفعل تحت هذه الاسماء (3).

ومعظم الثقوب والحفر هى الفوهات المتجمدة - Frozen craters - لنشاط الغليان كما لو أن شخصاً استطاع فجأة أن يجمد قدر من الماء المغلى ويثبت الشكل لعدد لا يحصى من الفقائيع bubbles الصغيرة التى تنشأ وتتكرر على السطح (4).

وعندما يتم تطبيق الطلاء على منتج تم تشكيله بطريقة الصب ، ربما تظهر فراغات كبيرة نسبياً على السطح ولا يجب الخلط بين تلك الفراغات والثقوب الإبرية فى الطلاء ، إذ أن هذه الفراغات تنتج بسبب إحتباسات الهواء فى جسم منتج الصب وتلك الإحتباسات تقع قريبه من السطح وتتفجر عندما يطبق الطلاء ، وتترك خلفها فتحات صغيرة بعد الحريق (3).

#### [2] - نوعية الطلاءات التى لها قابلية لظهور الثقوب والحفر .

الطلاءات على الفخار "pottery" والماجوليك "majolica" والخزف الارضى "earthenware" تكون عرضة لتلك العيوب . للطلاءات التى تسيل عندما تتصلب أى التى تكون ذات لزوجة إنصهار منخفضة تكون غير مناسبة لظهور الثقوب "Pinholes" ، على عكس الطلاءات الجافة dry ، والمطفأ mat .

1- Ref.27 Pp.433 2- Ref.25 Pp.203 3- Ref.27 Pp.435 4- Ref. 26 Pp.157

والطلاءات التي لم تصل إلى درجة النضج "under-fired". (1) بينما طلاءات الزيركون المعتمه بشكل خاص تكون عرضة لتشكيل الثقوب الإبريه . (2)

### [3] - العوامل التي تؤدي لظهور الثقوب والحفر .

هي نفسها في حالة البثور وتتضمن بشكل أساسي :- التفاعل بين الجسم والطلاء ، احتراق الكربون المحتوى في الجسم أو الطلاء ، خروج الماء المرتبط كيميائيا ، تفكك مكونات الطلاء المختلفة (مع انفصال الغاز المصاحب) ، امتصاص الغازات من الجو المختزل ، نظام الحريق غير المناسب وأنواع مختلفة من التلوث (3)، ويمكن توضيحها كما يلي :-

1-3- اللزوجة والإنصهار .

2-3- زيادة الحريق .

3-3- الكربون .

4-3- الإختزال .

5-3- التخزين الطويل للآنية البسكويت .

6-3- الزركون .

7-3- التميز .

8-3- أنواع مختلفة من تلوث الطلاء .

### 1-3- اللزوجة والإنصهار .

تظهر هذه العيوب الثقوب الإبرية "pinholes"، والبثور "blisters"، والفقاع "bubbles"، والحفر "craters" بشكل متكرر في الطلاءات كلما كانت درجة حرارة نضج الطلاء أقل ، مع حدوث العيب المتكرر عند درجة حرارة 1000 °م تقريباً (3)، ونجد أن الطلاءات ذات الإنصهار المنخفض واللزوجة المنخفضة تظهر بها تلك العيوب بسبب المحتوى القلوى العالي ، مقارنة بالطلاءات اللزجة التي تأخذ وقت أطول حتى تتصهر والتي يكون. إحتمال نمو الثقوب الإبرية بها أقل . (4)

والطلاءات الأكثر سيلاً عند الإنصهار تصل إلى أقل لزوجة لها عند أوج الحريق ، وبذلك تكون الفرصة مواتية لشفاء الحفر "pits" والثقوب "pinholes" وأيضاً حتى يتخذ الطلاء شكله النهائي في سطح مصقول "smooth" وصحيح "unbroken". (1) وطالما أن درجة حرارة النضج عالية بشكل كافى ، فإن نمو البثور في مراحل مبكرة للحريق يتلاشى بعد ذلك أسفل السطح المصقول للطلاء . (3)

1- Ref.26 Pp.158 2- Ref.27 Pp.437 3- Ref.27 Pp.435 4- Ref. 27 Pp.436

### 2-3- زيادة الحريق .

يأتى الطلاء الذى لم يكن عرضه لظهور الثقوب من الفرن أحياناً ملئاً بالنقر ، وذلك إذا تمت تسويته في درجة حرارة عالية "Over - fired" بزيادة مخروطين أو ثلاثة مخروط عن درجة حرارته الطبيعية . هذه النقر pits ، أو البثور blisters تنتج بسبب غليان الطلاء boiling عندما إقترب من الحالة المتبخرة vapor ، ويترك الغليان فوهات بركانية craters ، أو ندبات scars ، أو نقر pits فى الطلاء المتصلد .(1)

### 3-3- الكربون:-

في معظم الحالات ، ينفصل ثانى أكسيد الكربون من الكربونات في مدى تقريبى لدرجات الحرارة عند 800-900 °م ، وتعمل السيليكا المطحونة طحناً ناعماً كماده مخفزة وتعمل بتحلل الكربونات .(2) وعندما ينحل ثانى أكسيد الكربون وينطلق الكربون يتجمع هذا الكربون فى الطلاء ويتأكسد أثناء الحريق ، ولذلك فإن الفقاعات الناتجة ترتفع إلى السطح حيث تتفجر وتترك خلفها ثقوباً إيرييه .(3)

### 4-3- الإختزال .

عندما يكون جو الحريق مختزل بقدر كبير ، وبخاصة فى المراحل المبكرة للحريق ، يمكن ترسيب كميات كبيرة من الكربون فى مسام الطينة ، وفيما بعد فإن أكسدة هذا الكربون يمكن أن تسبب الثقوب الإبرية عندما يمر ثانى أكسيد الكربون من خلال الطلاء .(1)

### 5-3- التخزين الطويل للآنية البسكويت .

عند تخزين الآنية التي تم حريقها بسكويت لفترة طويلة يؤدي ذلك إلى خروج الغازات أثناء حريق الطلاء ومن ثم تشكيل الثقوب الإبرية ، لأن أكسيد الكالسيوم الذي قد تشكل أثناء عملية الكلسنة "calcining" يمتص الرطوبة من البيئة المحيطة ويتحول إلى هيدروكسيد ويتفاعل بعد ذلك مع ثانى أكسيد الكربون من الجو ، مما يؤدي إلى التشكيل الثانوى لكربونات الكالسيوم ، ثم انفصال ثانى أكسيد الكربون أثناء حريق التوهج .(3)

### 6-3- الزركون .

تشكيل الفقاعات فى الطلاء يكون أكثر تركيزاً فى مدى درجات الحرارة الذى يُنتج للكمية القصوى من سيليكات الزركونيوم "Zirconium - Silicate" ، لأن البلورات التى قد تشكلت تعمل كمراكز تكثيف لتقديم الغازات فى الطلاء المنصهر ومراكز نمو للفقاعات الموجودة مسبقاً . ونظراً لأن إعتام الطلاء يحتاج من 2:3 أضعاف من أكسيد الزركونيوم أكثر من أكسيد القصدير ، فإن طلاءات الزركونيوم تكون أكثر ملائمة لتشكيل الثقوب الإبرية من طلاءات القصدير .(4)

1- Ref.26 Pp .158 2- Ref.27 Pp .435 3- Ref.27 Pp .436 4- Ref.27 Pp .437

### 7-3- التميؤ .

التقوب الإبرية يمكن أن تنتج بسبب حدوث تميؤ جزئي لبعض الطلاءات سابقة الصهر أثناء الطحن ، وتتفكك الهيدرات "hydrates" أثناء حريق التوهج "glost - firing" ، وتتبعث الغازات التي تؤدي إلى تشكيل التقوب الإبرية .(1)

### 8-3- أنواع مختلفة من تلوث الطلاء .

- يمكن أن يتلوث الطلاء أثناء الطحن إذا ما تم تنفيذ الرباط الطوبى المبطن لإسطوانه الطحن الأسمنت الجبرى الطبيعى lime cement ، ولذلك فإن احتكاك الأسمنت المفكك يكفى لأن يسبب تشكيل التقوب الإبرية .(2)
- أكاسيد التلويين التي عندما تغير تكافؤاتها تكون مسئولة عن إطلاق الغازات التي تسبب التقوب فيما بعد .(3)
- إحتواء الطلاءات على قدر أكبر من القدر الطبيعى من الزنك Zinc أو الروتيل Rutile يكون لديها ميل لظهور التقوب . (158-26)
- تضمينات الجبس حتى أقل من 1 % ، بالإضافة إلى كبريتات الصوديوم والمغنسيوم . إلخ . أيضا يمكن أن تنتج التقوب الإبرية .
- تلوث الطلاء بنسبة أقل من 0.5 % من كربيد السيليكون .(1)
- تجمع الغبار على سطح الطلاء .
- هناك سبب بسيط وهام جداً لا يمكن إغفاله ، وهو إمكانية تلوث الماء .(2)



## التقشير "Shelling", "Flaking", "Peeling"

### [1]- تعريف :-



شكل ( 15 )  
نموذج للتقشير فى الطلاءات

يحدث التقشير بسبب قوى الإنضغاط فى الطلاء والتي تفوق القوة الرابطة عند طبقة الإتصال بين الجسم والطلاء - عندما يكون الارتباط بين الجسم والطلاء غير كافى - وتجعل طبقة الطلاء يحدث بها إنقسام عند الحواف والأطراف وربما تلف overlap طبقة الطلاء عند أماكن الإنقسام أو تترابك عليها . ويظهر التقشير على هيئة شروخ دقيقة فى الطلاء تميل حوافها أن تترابك فوق بعضها البعض أو كأن مساحة من الطلاء سوف تسقط بعيداً عن الآنية .(1)

### [2]- أسباب حدوثه :-

- يحدث التقشير بسبب الارتباط غير الجيد بين الجسم والطلاء ، وهذا الارتباط الفقير يمكن أن ينشأ بسبب الحريق غير الكافى للطلاء والذي يجعل الطلاء ينصهر بمفرده ولكنه لا ينتج طبقة إتصال بين الجسم والطلاء (2) ، أو بسبب وجود راسب على سطح الجسم يمنع الطلاء من الارتباط على الوجه الصحيح مع الجسم (3) ومثل هذا الراسب ينشأ من :-

- 1- تراكم الأملاح الذائبة فى الماء على سطح المنتج الجاف-غير المحروق- أو المحروق بسكويت قبل تطبيق الطلاء . كبريتات المغنسيوم وكبريتات الصوديوم قابله للذوبان فى الماء بسرعة ولها القدرة على أن تسبب التقشير .(4)
- 2- إستخدام البنتونيت كمادة لدنه فى الأجسام التى يتم تشكيلها على الدولاب ، يتسبب فى حدوث طبقة سطحية غير محكمة عند الجفاف.
- 3- الأجسام الغنية بالرمل إذا تم مسحها بالإسفنجة أكثر من اللازم عند الحواف يترتب عليه مسح المادة الطينية بعيداً عن السطح مع زيادة الرمل عند السطح .(3)
- 4- تراكم الغبار والملوثات الأخرى -مثل وجود بقع دهنية- يمكن أيضاً أن يؤدى إلى تشكيل طبقة فاصلة بين الجسم والطلاء .(4)

1- Ref.15 Pp .104 2- Ref.19 Pp .287 3- Ref.15 Pp .106 4- Ref.27 Pp .420

5- إستخدام بطانات غير متوافقة في إنكماشها مع الجسم ، أو إستخدام الأكاسيد وألوان الزخرفة بطبقة سميكة . (1)

— في حالة الحرق الواحدة والطلاء الخام :- عندما يتقشر الطلاء الخام غير سابق الصهر من على جسم جاف أو غير جاف ، فمن الممكن أن يكون سبب التقشير هو الإختلاف في معدلات الانكماش بين الجسم والطلاء ، وبخاصة عندما يكون الجسم محتوي على نسبة كبيرة من المادة الطينية ، وهنا يحدث التقشير خلال التجفيف ، أو خلال المراحل المبكرة للحريق . (2)

— التسخين السريع يعمل على إجبار رطوبة الجسم على الخروج بشكل سريع ، وتعجز طبقة الطلاء عن مقاومة ضغط البخار ولذلك تنفصل عن الجسم في أماكن مختلفة . (3)

— يحدث التقشير أيضاً إذا كان الطلاء يحتوى على نسبة كبيرة من المواد الخام الهشة أو المنتخبة "Voluminous" مثل كربونات المغنسيوم ، أو الألومينا ، أو أكسيد الزنك . وأو طلاء له محتوى عالى من الماء ولكن بشكل خاص الطلاء الخام يتقشر بسبب الانكماش الزائد (2) . والطلاءات اللدنة جيدة التلييد تكون أكثر ميلاً للتقشير . (3)

— الطحن الزائد للطلاء ، تطبيق الطلاء على منتج محروق بسكوية في درجة حرارة منخفضة ، تلوث الطلاء بشكل عارض مع حجر جيري مطحون طحناً خشناً أو مع بعض الكربونات الأخرى كلها أسباب تؤدي إلى التقشير . (4)

### التشظى. "Shivering"

#### [1]- تعريف :-

عندما يكون الطلاء تحت إنضغاط "compression" هائل يؤدي إلى إنفصاله عن الجسم ، وفي هذه الحالة إما أن يتقشر الطلاء "Peel" أو يتشظى "shiver" . (5)

ويحدث التشظى بشكل خاص على الأحرف الخارجية الحادة مثل الحواف ، حروف الأيدي ، الزخرفة البارزة ، وتكون قشرة الطلاء لها حافة حادة وتترزع معها جزء من الجسم الذي تمزقت عليه. ويكون التشظى بسبب التوافق الفقير للطلاء مع الجسم ، والتشظى عكس التصدع . (6)

1- Ref.15 Pp .106

2- Ref.27 Pp .418

3- Ref.27 Pp .419

4- Ref.27 Pp .420

5- Ref.26 Pp .156

6- Ref.19 Pp 287.

## [2]- أنواع الأجسام التي يحدث التشظى عليها :-

يحدث التشظى على الخزف الحجري أكثر منه على الخزف الأرضي ، لأنه في حالة الخزف الحجري الجسم والطلاء ينضجا سوياً ويتحدان معاً ، ويكون الارتباط بين الجسم والطلاء قوياً ، وإذا كان الطلاء غير مناسب للجسم فإنه سيتشظى منتزعاً جزءاً من الجسم . (1) أما في حالة الخزف الأرضي والخزف الحجري غير الناضج فلن الاتحاد في طبقة الجسم والطلاء يكون ضعيفاً وإذا كان الطلاء غير مناسب للجسم فإنه يترك الآتية بدون أن يمزق الجسم وهنا يسمى تششير "Shelling" . (2)

## [3]- أسباب حدوث التشظى :-

— يحدث التشظى بسبب الاختلاف في معاملات التمدد الحرارية بين الجسم والطلاء مثل التصدع ولكنه يختلف عكسي لما هو في حالة التصدع ، فإذا كان معامل التمدد الحراري للطلاء أقل من معامل التمدد الحراري للجسم ، فإن الجسم ينكمش بسرعة أثناء التبريد وهذا يؤدي إلى توتر بين الجسم والطلاء يجعل الطلاء واقعاً تحت إجهاد ضاغط ويحاول الانفصال عن الجسم ويتشقق . وعندما يكون التشظى ناتجاً عن اختلاف معاملات التمدد الحرارية فإنه يحدث كلما إقتربت نهاية عملية الحريق ، أو أثناء التبريد ، أو بعد التبريد أحياناً . نظراً لأن الطلاء المنصهر يظل في حالة مرنة طالما أنه لم يتصلد بالكامل ولذلك لا يتعارض مع إنكماش الجسم الذي يمضي بدون عرقلة طبقاً لمعامل التمدد الحراري الحقيقي للتركيب . وعندما يفقد الطلاء مرونته أثناء التبريد يعرقل إنكماش الجسم في السطح البيني للطلاء بسبب الارتباط القوي بين الجسم والطلاء (3) ، ونظراً لأن الطلاء الزجاجي يكون توصيله الحراري أقل فهو يخضع لإجهاد ضاغط هائل أثناء التبريد ويتمزق . (4)

## الانتفاخ "Bloating" .

### [1]- تعريف :-

أثناء الحريق تتحرر من الجسم العديد من الغازات والغالبية من تلك الغازات تخرج من خلال مسام الجسم وعند الضرورة من خلال الطلاء المنصهر . فإذا كانت مسام الجسم مغلقة بطبقة مصهور كثيف من الجسم والطلاء ، أو بطبقة مترججة كثيفة فلن تتمكن الغازات من الخروج وبعد ذلك تبنى جيوباً من الغاز خلف الحاجز اللدن لطبقة الطلاء الزجاجي الذي يتشوه لياوياً فقاعة الغاز .

وأهم الغازات التي تخرج أثناء الحريق غاز أول أكسيد الكربون ، وثاني أكسيد الكربون التي تخرج عند 900:700 م° ، والغازات الكبريتية الناتجة عن تفاعلات الأكسدة المختلفة عند 1150:700 م° ، والفلورين من 1300:700 م° . (5)

1- Ref.19 Pp .287

2- Ref.19 Pp.288

3- Ref.27 Pp .419

4- Ref.27 Pp .420

5- Ref.19 Pp .27

## [2]- نوعية الأحكام التي تناسب الإنتفاخ:-

يحدث الإنتفاخ مع أجسام الخزف الحبرى وبين الجسم والبطانة في منتجات الصب (1) وعند استخدام طينات تحتوى على شوائب أو لم يتم خلطها جيداً يظهر الإنتفاخ (2). كما يحدث الإنتفاخ في طلاءات البورسلين أثناء حريق الإختزال وأثناء حريق الأكسدة . أما في الطلاءات سابقة الصهر فنظراً لأن الطلاء سابق الصهر يكون جيد الإنصهار فإنه يقاوم الإنتفاخ (3).

## [3]- أسباب حدوث الإنتفاخ:-

### 1-3- درجة حرارة تلييد الطلاء

إذا تم إنطلاق الغازات بعد أن يكون الجسم قد تلبد "sintered" والطلاء قد إنصهر melted فإن الغازات التي لم تنفذ تشكل طبقة سطحية على المنتج ، وهذه الغازات تتشكل أثناء تفكك جزيئات البيريت Pyrite ، والجبس Gypsum ، وأكسيد الحديد Iron oxide المحتبسة داخل الجسم . ودرجة حرارة تلييد الطلاء هي العامل الأساسى المؤثر في الإنتفاخ فكلما زادت درجة حرارة تلييد الطلاء ، كلما قلت فرصة الإنتفاخ ، وذلك لأن درجة الحرارة العالية توفر الظروف اللازمة لإكمال تحرير الغازات من طبقة الطلاء ، وكلما كان الإرتفاع في درجة الحرارة أسرع كلما كان الجسم والطلاء أسرع فيما يتعلق بالتلييد والإنصهار على التوالي ، وكانت الظروف مناسبة لحدوث الإنتفاخ (3).

### 2-3- الهواء والكربون في مسام الجسم .

الكربون الذي لم يحترق تماماً في حريق البسكويت ، وفي حالة الحرق الواحدة الكربون الذي يظل محتبساً في الجسم ولا يستطيع التأكسد لأنه محكم من التسرب للجو الخارجى ، هذا الكربون يتأكسد بأخذ الأكسجين من أكسيد الحديد . وأكسيد الحديد المختزل يتصرف كمادة صهارة ، ويعمل على تليين الجسم مع زيادة التزجيج "Vitrification" وأكاسيد الكربون تحدث الإنتفاخات . ويتأكد الإنتفاخ مع منتجات الخزف الحبرى حيث يكون متعمداً الوصول بالجسم إلى التزجيج (4) والهواء الموجود داخل مسام الجسم والطلاء يساعد على الإنتفاخ .

### 3-3- ظروف الحريق .

في حالة طلاءات البورسلين ، ربما ينتج الإنتفاخ بسبب الحريق عند درجة حرارة أعلى من الدرجة المخصصة للحريق . إنطلاق الأكسجين من أكسيد الحديد أثناء حريق الإختزال يعتبر أيضاً سبباً للإنتفاخ . وحتى طلاءات البورسلين الصفراء يمكن أن تبين هذه التأثيرات لحدوث الإنتفاخ في حريق الأكسدة . ويزيد محتوى الفقاعات طردياً مع درجة حرارة الحريق ، ووقت الحريق (5).

1- Ref.19 Pp.27

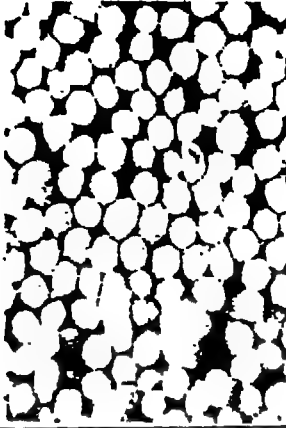
2- Ref.11 Pp.73

3- Ref.27 Pp.430

4- Ref.19 Pp.28

5- Ref.27 Pp.431

## التخريز "Bittiness".



شكل (16)  
عمرات من كربونات الكالسيوم  
مترسبة في الطلاء

عيوب صغيرة في سطح الطلاء تُرى وتُحس كأنها خشنة قليلاً عند اللمس وتعرف بالتخريز "bittiness"، أو يعرف هذا الطلاء بالطلاء المخرز "bitty glaze" ويرجع السبب في حدوث التخريز إما لعملية نخل الطلاء، أو لتلوث الطلاء.

— بالنسبة للنخل فإما أن الطلاء لم ينخل بالمره، أو لم يتم نخله خلال منخل دقيق بقدر كافي، أو أن المنخل المستخدم كان به عيب ما (1).

— أما تلوث الطلاء فيمكن أن يحدث بسبب المواد التي تعلق بالجسم الطيني، أو البسكويتي والتي تتفصل داخل الطلاء أثناء عملية التغطيس.

وأحياناً يكون النخل صحيح والطلاء خالي من التلوث

وبالرغم من ذلك يكون مظهر الطلاء رملياً وإن لم يضاف إليه أي خامه، مثل هذه الحالة تنشأ من نمو بللورات في معلق الطلاء ويكون مظهر الطلاء وكأنه قد تم نخل بعض حبيبات الرمل عليه وبعد ذلك تم غسلها قليلاً.

— وربما يرجع هذا التخريز إلى وجود حبيبات من كربونات الكالسيوم، وتتشكل حبيبات كربونات الكالسيوم لأن معظم الفريتات المستخدمة في طلاء الخزف الأرضي يكون بها كمية صغيرة من كربونات الكالسيوم ولكنها قبله للذوبان في الماء، وأثناء الطحن وعندما يتم تخزين الطلاء في صورة سائلة فإن جزء صغير من الفريت يتحلل في الطلاء السائل وتتحلل أيونات الكالسيوم، التي تتحد مع أيونات الكربونات التي تنشأ من تأين آثار حمض الكربونيك الموجود في ماء المطر أو ماء الصنبور لتنتج كربونات الكالسيوم التي تترسب بعد ذلك حول الحبيبات الصغيرة لأحد خامات الطلاء والتي ستكون بمثابة عامل تنويه، وتحدث هذه المشكلة صيفاً وتقل جداً في الشهور الباردة.

— بالإختبار تحت عدسه مكبره سنجد أن السطح يتضمن العديد من الكرات الصغيرة جداً متساوية الحجم تقريباً وكثيرة جداً، وإذا تم صب حمض الهيدروكلويك عليها فسوف تفور تماماً بقوة مما يؤكد أن هذه الحبيبات من كربونات الكالسيوم.

إضافة حمض الهيدروكلوريك أو الستريك إلى الطلاء السائل ستؤجل أو تمنع تشكيل كربونات الكالسيوم ولكن مثل هذه الإضافة عادة لا تكون مرغوبة نظراً لأن الحمض يعمل على تجميع الطلاء وبسبب زيادة سمكه وترسيبه بسرعة كبيرة (2).



## الفصل الثانى

الأسباب العامة التى تؤدى الى ظهور عيوب فى الطلاءات الزجاجية

\*تركيب الطلاء

\*الطحن غير الصحيح للطلاءات

\*الترسيب فى معلق الطلاء

\*تطبيق الطلاء





هناك أسباب عامة يمكن أن تنشأ عنها عيوب في الطلاءات الزجاجية ، مثل العيوب التي تنشأ أثناء عملية الإعداد والتحضير لخامات الطلاء وهي مرحلة هامة جداً في الحصول على تأثيرات فنية شيقة فنجد أن هناك :

- عيوب تنشأ بسبب تركيب الطلاء .
- عيوب تنشأ بسبب الطحن غير الصحيح للطلاءات .
- عيوب تنشأ بسبب الترسيب في معلق الطلاء .
- عيوب تنشأ أثناء تطبيق الطلاء .

### [1]- تركيب الطلاء .

عيوب الطلاء عادة لا تصبح ظاهرة إلا بعد الحريق ولكن العديد منها يحدث قبل ذلك بسبب اختيار تراكيب غير مناسبة ، أو نسب غير صحيحة من المواد الخام ، فعلى سبيل المثال نقص المواد اللدنة يساعد على سرعة ترسيب معلق الطلاء ، بينما وجودها بكمية كبيرة يسبب زيادة الإنكماش . ومثل هذه الأخطاء تكون سبباً في عدم تناسب الجسم والطلاء مما ينتج عنه العديد من العيوب. (1)

وبشكل آخر فإن الصيغة الجزيئية لطلاء ما يمكن أن تكون هي نفس الصيغة للعديد من الطلاءات ولكن بمكونات مختلفة ، وغالباً ما يتغير سلوك الطلاء تبعاً للمواد الداخلة في تركيبه ، ويلاحظ ذلك أيضاً في بدائل المصهرات التي تحدث بشكل طبيعي مثل الفلدسبارات "feldspars" والنيفلين سيانيت "Nepheline syenite"، وحجر الكورنيش "Cornish stone" ، والمادة الخام نفسها يمكن أن يتغير تركيبها نظراً لإختلاف مصدرها الطبيعي ، أو أن تكون من نفس المصدر أو المحجر ولكن من طبقات مختلفة. (2)

وهناك بعض التغيرات غير الملحوظة في تركيب المواد الخام من تقلب الرطوبة ودرجات التلوث في بعض المواد الخام ، فإختلاف محتوى المواد الخام من الرطوبة يمكن أن يغير من تركيب الطلاء ومن ثم يغير سلوكه ، كما أن الملوثات التي يمكن أن تحتويها المواد الخام تستلزم تخزين مواد الطلاء الخام منفصلة لضمان نقاؤها. (1)

### [2]- الطحن غير الصحيح للطلاءات .

نظراً لأن كل طلاء له نوعية طحن قصوى يجب أن تتحقق فإن الطحن غير الصحيح يكون مصدر متكرر للعيوب. (1) فالطلاءات ذات الطحن الزائد "Over ground" سيكون إنتشارها أفضل في معلق الطلاء . (3) كما أنها ستقاوم التصدع لأن الدرجات العالية من النوعية تساعد على إندماج حبيبات الكوارتز في الطلاء المنصهر ، ولكن هذه الطلاءات أثناء الجفاف تكون عرضة للإنكماش المفرط والتشقق وكأنها تجف على الجسم. (1)

1- Ref.27 Pp .415 2- Ref.15 Pp .42 3- Ref.15 Pp .43

وأثناء التناول يسهل إزالتها من على المنتج كما أنها تكون أكثر عرضة للتلوث . بالإضافة إلى ذلك فإنها ربما تتجمع أثناء الحريق وبخاصة إذا كان الطلاء يحتوى على أكسيد الزيركونيوم كمادة عتامة. (1) ومثل هذه الطلاءات تميل للتميو أيضاً وتقاوم فقد ماء التميؤ وبذلك يكون الطريق ممهداً لظهور الفقاعات “Bubbles” والحفر “Pits”. (2).

والطلاءات المطفاة الناعمة جداً ربما تصبح أكثر لمعاناً بدرجة طفيفة إذا تم حريقها فى درجة حرارة أعلى قليلاً . (1)

أما الطلاءات التى يكون طحنها خشناً “under ground” فإن الحبيبات الخشنة الموجودة فيها تأخذ وقت أطول حتى تذوب أثناء الحريق ، ويكون هناك الكثير من فقاعات الغاز فى الطلاء التى ستسبب تقوياً pinholing إضافية كما تعمل على تغيير مظهر اللون فى الطلاء المحروق . (3) كما أن وجود حبيبات الكوارتز غير المنصهرة فى هذه الطلاءات يؤدى إلى نقص فى درجة نعومة سطح “smoothness” الطلاء الناضج. (2)

### [3]-الترسيب فى معلق الطلاء .

إن العزل والترسيب فى معلق الطلاء يؤدى إلى الحصول على طلاءات غير متجانسة وغير مستوية نظراً للتغيرات التى تحدث فى كثافة معلق الطلاء والتى يكون سببها إما التركيب ، أو الإعداد والتخضير ، أو التخزين ، أو عملية التطبيق نفسها .

فالطلاءات ذات المحتوى القلوى العالى والتى لم يسبق صهرها بشكل كافى تكون عرضه للترسيب ، بينما فى الطلاءات سابقة الصهر فإن نقص المواد الخام اللدنة يؤدى إلى الترسيب السريع للحبيبات ، أما فى الطلاءات الخام يمكن أن يحدث الترسيب نتيجة للطحن غير الكافى للمكونات غير اللدنة . (4) إذ أن الطلاءات التى يكون طحنها خشناً تميل لأن تترسب بشكل سريع ، وطبقة الطلاء يمكن أن تكون غير منتظمة بعد التغطيس. (3)

ويؤثر نوع الحاويات “Containers” على ترسيب المعلق فالطلاءات السائلة التى يتم تخزينها فى حاويات معدنية يمكن أن تترسب بعيداً عن المعلق بشكل سريع أكثر منه إذا تم تخزينها فى حاويات خشبية أو بلاستيكية . وهذه الظاهرة تنشأ من التسرب الإليكترونى والذى يمكن أن يتقدم بسرعة أكبر مع الحاويات المعدنية ، وهذه خاصية حقيقية للحاويات المعدنية المطلية بالمينا “enameled” فعلى سبيل المثال ، مع مينا الحديد “enameled iron” يوجد اختلاف كبير فى الجهد الكهربائى بين المعدن وطبقة المينا ، فالأخيرة تشحن سلبياً . وهذا يعنى عدد كبير من الأيونات السالبة يمكن توافرها بسبب الانتقال أو التبادل من سطح المينا. (5)

1- Ref.15 Pp .43      2- Ref.27 Pp .415      3- Ref.15 Pp .44  
4- Ref.27 Pp .416      5- Ref.15 Pp .45

وتجمع الطلاء "segregation" أثناء التطبيق يمكن أن يرد إلى درجة مسامية الجسم الذي يتم التطبيق عليه ، فالأجسام الكثيفة تأخذ وقت أطول حتى تمتص الماء من معلق الطلاء وبالتالي تعطى فرصة لحبيبات الطلاء الثقيلة أن تستقر في قاع طبقة الطلاء بينما الحبيبات الدقيقة تبقى في سطح طبقة الطلاء أو بالقرب منها ، بينما الاجسام المسامية التي تمتص الماء بشكل سريع من معلق الطلاء يحدث فيها العكس فالحبيبات الدقيقة تلتف حول الجسم ، والحبيبات الخشنة تبقى في أوبالقرب من سطح طبقة الطلاء .

وإجراء عملية التطبيق نفسها يمكن أن يبدأ الظروف التي تقوى العزل في طبقة الطلاء ، ففي المصانع عندما تمر البلاطات خلال ماكينة التزجيج على سير ناقل له ذبذبة عالية فإن حبيبات الطلاء الثقيلة تميل للتسريب والنتيجة المحتملة هي ظهور عروق في الطلاء الناضج .

الطلاءات منخفضة الإنصهار "Low-melting" تقوى الظروف التي تؤدي إلى الترسيب السريع والعزل ، نظراً لأن بعض مكونات الطلاء تستقر بسرعة أكثر من غيرها فإن تركيب الطلاء يتغير والتأثير المرغوب لا يتم تحقيقه بالحرق ، كما أنها تنتشر على الجسم في طبقة رقيقة معطية المنتج النهائي مظهر جاف وباهت .(1)

#### عيوب تنشأ أثناء تطبيق الطلاء .

— عند وجود غبار أو تلوث عرضي على سطح القطعة سيعجز الطلاء على أن يخترق البقع المتربة أو الملوثة وتكون النتيجة هي بعض المساحات غير المطلية على المنتج ، ويمكن أن تكون تلك المساحات محاطة بأنواع أخرى من العيوب .

— إذا كان معلق الطلاء أدفاً من المنتج الذي سيتم طلاؤه فسيكون هناك هواء محاصر بين الطلاء و السطح الصلب للمنتج ، وخلال الحريق يتمدد هذا الهواء ويسبب ظهور الفقاعات .

— التطبيق غير المتجانس يمكن أن يسبب عيوباً إضافية — على سبيل المثال— عند إجراء عملية التغطيس بشكل غير صحيح تنتج حزوزاً على هيئة عروق أكثر سمكاً من الطلاء تظهر بعد الحريق.

— يمكن أن تظهر طبقة الطلاء غير مستوية نتيجة لقدرة الأجسام المنخفضة على الإمتصاص ويمكن أن يظهر الجسم إمتصاصاً ضعيفاً للطلاء نتيجة لوجود الأملاح التي تتركز كثافته على سطح الجسم خلال حريق البسكويت ، أو نتيجة لإرتفاع درجة حرارة حريق الجسم البسكويتي.

(1)



### الباب الثالث

## خامات وأكاسيد الطلاءات الزجاجية المستخدمة في مجال الدراسة

أولاً:- المواد الخام المستخدمة في الدراسة

ثانياً:- الأكاسيد ووظيفتها في تكوين الطلاءات الزجاجية



## أولاً:- المواد الخام المستخدمة في مجال الدراسة.

تتركب الطلاءات الزجاجية من مواد خام مختلفة ، وكل مادة خام تتكون من أكسيد أو أكثر تبعاً لتركيبها الكيميائي ، ولهذا فطبقة الطلاء الزجاجي في صورتها النهائية عبارة عن مجموعة من الأكاسيد تفاعلت مع بعضها بالمعالجة الحرارية التي أدت إلى إنصهارها داخل الشبكة الزجاجية لطبقة الطلاء . وهناك بعض المواد الخام التي تعطي أكسيد واحد فقط في الطلاء النهائي مثل الحجر الجيري "Whiting" الذي يعطي أكسيد الكالسيوم  $CaO$  ، أما بعض المواد الخام الأخرى قد تعطي أكاسيد مختلفة مثل الفلدسبار الذي يعطي ثلاثة أكاسيد والنيغلين سائيت يعطي أربعة أكاسيد .

ويمكن صنع الطلاء من مواد خام شائعة ويسهل الحصول عليها ومعظم طلاءات الحريق العالي الشيكة يدخل في تركيبها خامات الفلدسبار ، الفلنت ، الحجر الجيري ، والطينة.(1) وسوف أتناول بشيء من التفصيل أهم المواد الخام التي لها دور مؤثر في الحصول على نتائج تخدم هدف البحث وتلك الخامات هي الفلدسبار ، الدولوميت ، كربونات الكالسيوم ، تلك ، كربونات المغنيسيوم ، كربونات البوتاسيوم ، كربونات الصوديوم ، حمض البوريك ، البوراكس ، الكوارتز .

### الفلدسبار

يعتبر الفلدسبار أحد أهم مكونات الطلاءات وغالباً ما يستخدم في كل الطلاءات ، وفي حالة الطلاءات ذات الحريق العالي غالباً ما يكون الفلدسبار هو الخامه الأساسية والمصدر الرئيسي للمادة الصهارة . والفلدسبار هو أحد مكونات الجرانيت الذي يعتبر من أكثر الصخور شيوعاً وإنتشاراً .

ويتكون الفلدسبار من :-

أ — شق قلوي يتكون من الصوديوم ، البوتاسيوم ، الكالسيوم مفردة أو متحدة .

ب — شق متعادل يتكون من الألومينا .

ج — شق حامضي يتكون من السيليكا .(2)

والصيف النقية للفلسبار هي كالآتي :-

- ألبيت  $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6 \text{SiO}_2$

- أورثوكليز  $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6 \text{SiO}_2$

- أنورثيت  $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{SiO}_2$

- سبيديومين  $\text{Li}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6 \text{SiO}_2$

- وهذه الصيغ تمثل التركيب النظري لهذه المعادن .

وتعتبر الفلسبارات هامة في الطلاءات نظراً لأن نقطة إنصهارها منخفضة نسبياً وإحتوائها على قلويات الصوديوم والبوتاسيوم في صورة غير قابلة للذوبان ، ولذلك فالفلسبار يعتبر نوع من أنواع الفريت الطبيعي . وتتصهر بعض الفلسبارات بمفردها بدون إضافة أى مادة أخرى عند حوالى 1250 °م . وعند إضافة السيليكا في صورة كوارتز ، أو الدولوميت ، أو الحجر الجيري ، أولئك تنخفض نقطة إنصهار الفلسبار حوالى 50 °م أو أكثر . وهذه الطبيعة الإنصهارية للفلسبار ترجع إلى محتواه من أكاسيد الصهارة مثل الصوديوم، البوتاسيوم، أو الليثيوم.

إن الطلاءات ذات المحتوى العالى جداً من الفلسبار يكون لها قابلية للتصدع "crazing" تبعاً لكمية الصوديوم أوالبوتاسيوم الموجودة بها وغالباً ما يكون لهذه الطلاءات مظهر حليبي نصف معتم "semiopaque" جذاب جداً .(1)ومن أنواع الفلسبارات التى سنوجه إليها الإهتمام نظراً لإستخدامها ضمن خامات البحث:-

1 - الألبيت (الفلسبار الصوديومى)

2 - الأورثوكليز (الفلسبار البوتاسيومى)

1 - الألبيت (الفلسبار الصوديومى)  $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6 \text{SiO}_2$

يعتبر الألبيت هو ثانى أشهر أنواع الفلسبار ويستخدم الألبيت مثل الأورثوكليز كماده صهارة فى الجسم والطلاء ويسمى أحياناً بالفلسبار الأبيض نظراً لإختلافه فى اللون عن الأورثوكليز الذى يكون فى الغالب وردى اللون .ويبدأ الفعل الصهار للألبيت عند 800 °م ويبدأ فى التطاير عند 1200 °م ونقطة إنصهاره 1170 °م ، ويستخدم فى مدى من درجات الحرارة



يبدأ من 900 °م حتى 1200 °م في الجسم أو اللبلاء ، وعندما يكون متحداً مع الأورثوكليز يساعد على تدفق اللبلاء بدون أن يؤثر على إستقرؤه . وبالحرق أعلى من 1200 °م اللبلاءات التي بها نسبة كبيرة من الألبيت تكون عرضه لظهور الفقائيع نظراً لتطاير الصودا .

وتحدث بعض الاختلافات اللونية عند إستخدام الألبيت بدلاً من الأورثوكليز – على سبيل المثال – يصبح الأزرق الناتج من أكسيد الكوبالت بنفسجي قليلاً ، ويصبح الأخضر الناتج من النحاس مائلاً للأزرق . (1)

## 2 - الأورثوكليز (الفلدسبار البوتاسيوم). $K_2O . Al_2O_3 . 6 SiO_2$

يعتبر الأورثوكليز هو أشهر أنواع الفلدسبارات ويستخدم كمادة صهارة في الأجسام ومكون أساسى في اللبلاءات ونقطة إنصهاره حوالى 1530 °م .

ويفضل إستخدام الأورثوكليز في اللبلاءات التي تحرق فوق درجة 1200 °م ، نظراً لأن محتوى أكسيد البوتاسيوم لا يكون عرضه للتطاير مثل محتوى أكسيد الصوديوم في الألبيت أو حجر الكورنيش cornish stone . (2)

## الكاولين . $Al_2O_3 . 2SiO_2 . 2H_2O$

تستخدم الطينة في اللبلاءات كمصدر لأكسيد الألومينيوم ، وعادة ما يستخدم الكاولين لأنه خالى نسبياً من الحديد فلا يعطى اللبلاء أى لون . وعند إستخدام الكاولين في اللبلاء كمصدر لأكسيد الألومينيوم يساهم محتواه من السيليكا ضمناً في تركيب اللبلاءات .

ويعطى الكاولين لللبلاء الخام بعض الخواص الفيزيائية المرغوب فيها ، فهو يعمل كمساعد للتشنت في معلق اللبلاء الخام مما يساعد على إبقاء المكونات الأخرى لللبلاء بلا ترسيب ، كما يعطى طبقة اللبلاء الخام فوق المنتج متانة تجعلها أقل عرضه للتلف والخسارة أثناء وضع القطعة في الفرن . (3)

## الدولوميت:- $(CaMg) . CO_3$

هو مادة خام طبيعية تحتوى على كل من كربونات الكالسيوم والمغنيسيوم في أجزاء متكافئة ويستخدم الدولوميت عندما يدخل أكسيد الكالسيوم وأكسيد المغنيسيوم في (4) تركيبة اللبلاء ويعمل الدولوميت في درجات الحرارة العالية كمادة صهارة ومساعد تبلرر ، ولا يصل إلى أقصى فاعلية كمصهر إلا بعد درجة حرارة 1170 °م ، وإذا كان اللبلاء يحتوى على نسبة كبيرة من الدولوميت

ستتشكل بللورات أثناء التبريد في الطلاء مما يعطي التأثير المتبللر المعروف .ويؤدي وجود الدولوميت في الطلاء إلى الحصول على سطح مطفاً زبدى أو كريمى اللون . هذا السطح المطفاً يتكون بسبب تشكيل بللورات من سيليكات الكالسيوم والمغنيسيوم في الطلاء نظراً لإحتواء الدولوميت على الكربونات المزدوجة للكالسيوم والمغنسيوم والتي تتحلل أثناء الحريق لتعطي أكسيد الكالسيوم وأكسيد المغنسيوم . هذا الفعل كماده صهاره يشكل السيليكات التي تؤدي إلى إطفاء سطح الطلاء أثناء التبريد .(1)

### الثلث $3\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$

هو الإسيتاتيت أو سيليكات المغنسيوم وهومعدن طبيعى غير ذائب فى الماء . ويدخل فى تركيب الطلاءات ليدها بأكسيد الماغنسيوم والسيليكا .

ويعتبر معدن مفيد للطلاءات التي تتضج فوق درجة حرارة 1000 °م وذلك لأنه يتفكك عند درجة حرارة 900 °م إلى أكسيد الماغنسيوم الحر والسيليكا الحرة والماء . ويستخدم الثلث للحصول على سطح معتم أو سطح مطفاً .(2)

### الحجر الجيري ( كربونات الكالسيوم ) $\text{CaCO}_3$

هى أحد مركبات الكالسيوم المستقرة غير الذائبة فى الماء وتستخدم لتقديم أكسيد الكالسيوم فى الأجسام والطلاءات .

تتفكك كربونات الكالسيوم عند درجة حرارة 890 °م لتعطي أكسيد الكالسيوم وثانى أكسيد الكربون الذى يتصاعد بدون أى صعوبة تاركاً أكسيد الكالسيوم فى الجسم أوالطلاء .(3)

### المجنيزيت ( كربونات الماغنسيوم ) $\text{MgCO}_3$

تستخدم كمصدر لأكسيد الماغنسيوم فى الطلاءات وتتفكك كربونات المغنسيوم عند درجة حرارة 530 °م لتعطي أكسيد المغنسيوم وثانى أكسيد الكربون ويعتبر أكسيد المغنسيوم ماده حرارية جداً وإحدى مساعدات العتامة opacifier فى الطلاء ، وفوق 1170 °م يصبح مصهر نشط وبالتالي فإنه يعمل على تشكيل السيليكات التى إذا كانت موجودة بقدر كافى ستبللر عند التبريد لتعطي عتامه مطفاً .(4)

1- Ref.19 Pp .104 2- Ref.19 Pp .315 3- Ref.19 Pp .46 4- Ref.19 Pp .205

### كربونات البوتاسيوم $K_2CO_3$

هى رماذ اللؤلؤ أو البوتاس الحقيقى ، وهى ملح له قابلية عالية للذوبان فى الماء ولذلك يستخدم فى صورة مادة سابقة الصهر . أثناء الحريق وعند درجة حرارة 900 ° م تتكك لتعطى أكسيد البوتاسيوم الذى يعمل كمصهر فى وجود المكونات الأخرى ويتصاعد ثانى أكسيد الكربون .(1)

### كربونات الصوديوم $Na_2 CO_3$

هى رماذ الصودا أو ملح الصودا ، وهى مصدر رئيسى لأكسيد الصوديوم فى الطلاءات ، ولها قابلية عالية للذوبان فى الماء وبالتالي فهى تستخدم فى صورة طلاء سابق الصهر "Frit" . وتستخدم متحده مع سيليكات الصوديوم كمواذ مشتته فى طينات الصب .(2)

### حمض البوريك $B_2O_3, 3H_2O$

هو مصدر لأكسيد البورون فى الطلاءات ولكنه مصدر قابل للذوبان فى الماء ولذلك يستخدم فى صورة مادة سابقة الصهر "frit" مع السيليكات .(3)

### البوراكس $Na_2O.2B_2O_3, 10H_2O$

يعتبر البوراكس مصدر لكل من الصوديوم وأكسيد البورون فى الطلاءات ونظراً لاحتوائه على أكسيد البورون فهو يستخدم فى طلاءات الحرارة المنخفضة الخالية من الرصاص ، وللبوراكس قابلية عالية للذوبان فى الماء ، وبالتالي فإنه يدخل فى تركيب الطلاءات على هيئة مائه سابقة الصهر "frit" .(4)

### الكوارتز $SiO_2$

يعتبر الكوارتز أكثر المعادن شيوعاً فى القشرة الأرضية ويمثل جزءاً كبيراً من معظم الصخور النارية ، ويستخدم الكوارتز كمصدر للسيليكا فى الصناعات الخزفية . وهوماده حرارية ذات نقطة إنصهارعالية 1713 ° م . (5) ويستخدم الكوارتز فى تركيب الطلاءات الزجاجية ونظراً لأنه يتكون من 100 % سيليكاً فإن إضافته إلى معظم الطلاءات ترفع نقطة إنصهارها وتزيد مقاومة الطلاء النهائى للاحتكاك وتحسن درجة تـرـجـجه .(6)

1- Ref.19 Pp.250

2- Ref.19 Pp.304

3- Ref.26 Pp.33

4- Ref.26 Pp.32

5- Ref.26 Pp.35

6- Ref.19 Pp.258

## ثانياً:- الأكاسيد ووظيفتها فى تكوين الطلاءات الزجاجية:-

معظم المواد الأرضية بما فيها تلك التى تستخدم فى الطلاءات الزجاجية تكون على هيئة أكاسيد . والطلاء الزجاجى فى صورته النهائية - المحروق - هو مزيج أوخيلط من عناصر مختلفة كلها على هيئة أكاسيد .

ويمكن تعريف الأكسيد بأنه إتحاد كيميائى لأى عنصر مع الأكسجين ، والأكسجين عنصر متوفر بكثرة ، وعلى مدى العصر الجيولوجى فإن معظم العناصر على سطح الأرض إتحدت مع الأكسجين ، وفى بعض الحالات إستغرق هذا الأمر فترات لانهائية من الوقت ليحدث التأكسد ولكن مع بعض العناصر الأخرى كان التأكسد يحدث سريعاً ، مثل أكسد السيليكون ، وهو عنصر غير مستقر فى وجود الأكسجين .

والأكسدة مثل معظم التفاعلات الكيميائية تصبح أكثر سهولة بالحرارة . وعندما كانت القشرة الأرضية ما زالت ساخنة فإن تأكسد العناصر التى تكونها كان أكثر سرعة مما لو كانت الحرارة أقل . ولهذا السبب فإن كل المواد الأرضية تكاد تكون أكاسيد . (1)

إن دراسة الطلاءات والتحكم فيها تصبح أكثر بساطة وأقرب إلى الفهم إذا نظرنا إلى الطلاء فى حالته النهائية المحروقة المنصهرة بدلاً من النظر إليه قبل الحريق . فعند تسخين الطلاء وإنصهاره يكون مكوناً من عناصر على هيئة أكاسيد ، والعلاقات بين هذه الأكاسيد المتنوعة - أى كمياتها النسبية ، وتأثير كل منها على الآخر أثناء الإنصهار- هى ما نهتم به فعلياً عند تركيب الطلاءات . ويجب أن نتذكر الإختلاف بين تلك الأكاسيد فى الطلاء الناضج وبين المواد الخام التى نؤلف بينها لعمل الطلاء لأن الكثير من خامات الطلاء يكون بها أكثر من أكسيد واحد .

### أكاسيد الطلاء :-

وفيما يلى قائمة بالأكاسيد شائعة الإستخدام فى الطلاءات الزجاجية :-

Na <sub>2</sub> O	1- أكسيد الصوديوم
K <sub>2</sub> O	2- أكسيد البوتاسيوم
CaO	3- أكسيد الكالسيوم
MgO	4-أكسيد المغنسيوم

$B_2O_3$	5- أكسيد البورون
$Al_2O_3$	6- أكسيد الألومينيوم
$SiO_2$	7- ثاني أكسيد السيليكون
$PbO$	8- أكسيد الرصاص
$BaO$	9- أكسيد الباريوم
$Li_2O$	10- أكسيد الليثيوم
$SrO$	11- أكسيد الاسترنتيوم
$Sb_2O_3$	12- أكسيد الانتيومون
$ZnO$	13- أكسيد الزنك
$TiO_2$	14- أكسيد التيتانيوم

ويمكن عمل تكوينات لا نهائية من الطلاءات الزجاجية باستخدام بعض هذه الأكاسيد ومعظم الأكاسيد السابقة والتي تكون الطلاء الزجاجي لا تعطى ألواناً للطلاء - فيما عدا- أكسيد الرصاص الذي يعطى لون أصفر باهت ، وإتحاد الرصاص والانتيمون الذي يعطى اللون المعروف بإسم أصفر نابولي (1).

ويمكننا تصنيف الأكاسيد المكونة للطلاء إلى ثلاث فئات :-

( أ ) - الأكاسيد القاعدية :- هي الأكاسيد التي تتحد مع السيليكا وحمض البوريك لتكون سيليكات وبورات والتي تعتبر المكون الأساسي للطلاء . والأكاسيد القاعدية كلها بلا استثناء مساعدات صهر ، وتشمل الأكاسيد القلوية السائلة جداً مثل أكاسيد الصوديوم والبوتاسيوم وكذلك المصهرات الأكثر مقاومة للحرارة مثل الكالسيوم .

(ب) - الأكاسيد المتعادلة :- الألومينا هي الأكسيد المتعادل الوحيد الذي يستخدم في صناعة الطلاء الزجاجي .

(ج) - الأكاسيد الحامضية :- مثل السيليكا وأكسيد البورون . (2)

## [1] الأكاسيد القاعدية :-

### 1- أكسيد الصوديوم $\text{Na}_2\text{O}$

- (1) 10.0 : Thermal Expansion Coefficient الحراري — معامل التمدد
- 62 : Molecular Weight الوزن الجزيئي —
- (2) 800 °م : Fusion Point درجة الانصهار —
- أكسيد الصوديوم نشيط جداً كيميائياً ويعمل في الطلاءات كمساعد صهر قوى ،  
ويستخدم أكسيد الصوديوم على نطاق واسع في الطلاءات التي تحرق عند مدى ضيق  
من درجات الحرارة .
- والطلاءات المحتوية على كمية كبيرة من أكسيد الصوديوم يمكن أن تكون ذات ألوان  
براقة عند إضافة الأكاسيد المعدنية الملونة إليها . فوجود أكسيد الصوديوم يعطى اللون  
قوة وبريقاً . وأحد أهم الأمثلة على هذا هو اللون الأزرق التركوازي الذي ينتج من  
إضافة أكسيد النحاس إلى طلاء ذو محتوى عالى من أكسيد الصوديوم ، وما نسميه  
بالأزرق المصرى ما هو إلا نتاج لهذا الاتحاد . (3)
- ويعتبر أكسيد الصوديوم له أعلى معامل تمدد حرارى بالنسبة لكل الأكاسيد المكونة  
للطلاء ووجوده في الطلاء يعنى إرتفاع معدل إنكماش الطلاء بشكل نسبى مع كمية  
أكسيد الصوديوم الموجوده فيه . والطلاء الذى يعتمد بشكل أساسى على أكسيد  
الصوديوم كمساعد صهر حتماً سيتشقق craze ، نظراً لأن معدل التمدد وبالتالي معدل  
الإنكماش فى الطلاء سيكون أكبر من معدلات التمدد والإنكماش فى الجسم . (4)
- ومن عيوب أكسيد الصوديوم أن وجوده فى الطلاءات يؤدي إلى ميلها لأن تكون لينة ،  
ويسهل خدشها وتآكلها ، وكذلك يكون لها قابلية للذوبان فى الأحماض وتؤثر فيها  
عوامل التجوية المختلفة (3)
- وتوجد ثلاث معادن طبيعية تحتوى على أكسيد الصوديوم فى صورة غير قابلة للذوبان .  
وهى الألبيت ، والنيفلين سيانيت ، والكربوليت . يستخدم الكربوليت غالباً فى صناعة  
المينا enamels المترججة ، أما الألبيت والنيفلين سيانيت فلهما إستخدامات واسعة فى  
الأجسام والطلاءات الخزفية . (4)

## 2 - أكسيد البوتاسيوم $K_2O$

- معامل التمدد الحراري Thermal Expansion Coefficient : 8.5 (1)
- الوزن الجزيئي Molecular Weight : 94.2
- درجة الإنصهار Fusion Point : 750 °م (2)
- يسلك أكسيد البوتاسيوم سلوكاً مشابهاً لسلوك أكسيد الصوديوم في الطلاء لدرجة أنهما يوصفان بالرمز  $[KNaO]$  والذي يعنى مزيجاً من الصوديوم والبوتاسيوم بأى نسبة .
- معامل التمدد الحراري للبوتاسيوم أقل بدرجة ضئيلة من معامل التمدد الحراري للصوديوم ، ومع ذلك فما زال معامل التمدد للبوتاسيوم مرتفعاً نسبياً ويسبب التشقق "Crazing" .
- وللبوتاسيوم نفس مزايا وعيوب الصوديوم تقريباً ، فالاستجابة اللونية للبوتاسيوم تشبه الاستجابة اللونية للصوديوم مع وجود بعض الاختلافات في اللون تتوقف على زيادة كمية أي منهما في المخلوط . فعلى سبيل المثال ، وجود أكسيد المنجنيز في طلاء صوديومي يعطى لون أرجواني مائل للإحمرار بينما في وجود البوتاسيوم يعطى لون أرجواني مائل للزرقة .
- ويعتبر البوتاسيوم مصهر نشط جداً عند كل درجات الحرارة والمصدر الطبيعي الوحيد له هو الفلدسبار البوتاسيومي (أورثوكليز) . (3)
- ويجدر بنا الإشارة في هذا الصدد إلى الإصطلاح بوتاس "Potash" والذي عادة يعنى أكسيد البوتاسيوم وهو تعريف خطأ ، إذ أن مصطلح بوتاس يعنى كربونات البوتاسيوم أما مصطلح بوتاسا "Potassa" فهو يعنى أكسيد البوتاسيوم . (4)

## 3 - أكسيد الكالسيوم $CaO$

- معامل التمدد الحراري Thermal Expansion Coefficient : 4.4 (1)
- الوزن الجزيئي Molecular Weight : 56.1
- درجة الإنصهار Fusion Point : 2572 °م (5)

1- Ref.5 Pp .163	2- Ref.6 Pp .56	3- Ref.26 Pp .89
4- Ref.19 Pp .250	5- Ref.6 Pp .54	

- يستخدم أكسيد الكالسيوم في درجات الحرارة المنخفضة كمادة مألئة في الاجسام والطلاءات أما في درجات الحرارة العالية فهو يعمل كمادة صهارة في الطلاءات .
- نقطة انصهار معدن الكالسيوم 852 °م بينما نقطة أنصهار أكسيد الكالسيوم 2570 °م .
- يمكن تقسيم تفاعلات أكسيد الكالسيوم في الطلاءات عند درجة 1100 °م .تحت 1100 °م لا يعتبر أكسيد الكالسيوم مصهر نشط بالرغم من أن الكميات الصغيرة أحياناً تعطى تفاعلاً محدوداً ، ولكن بشكل عام سنجد أنه يعمل كمادة مقاومة للإنصهار Anti- flux ، ولكن هذا الفعل لا يكون قوياً إذ أنه في المصهور الزجاجي مع أكسيد الصوديوم ، وأكسيد البوتاسيوم ، وأكسيد الرصاص يعطى للطلاء صلابة ومقاومة للأحماض ويقل قابلية الذوبان ، ويؤدي أيضا إلى ثبات إتحاد الصودا – السيليكا .
- أكثر من 10% من أكسيد الكالسيوم في المخلوط يمكن أن تمتص في طلاءات الخزف الأرضي مع فقد القليل من اللعان وتحسن كبير في المتانة . أما إذا زادت نسبة وجوده في طلاءات الخزف الأرضي عن 35 % فإنه يعمل على تشجيع نمو البللورات في الطلاء أثناء التبريد .
- يجعل أكسيد الكالسيوم الطلاءات الرصاصية أكثر عرضة للتشقق Craze ولكنه يزيد مقاومة التشقق في الطلاءات ذات المحتوى العالي من الصوديوم والبوتاسيوم .
- أما في طلاءات أكسيد البورون فإنه يؤدي إلى تشجيع نمو بلورات الكالسيوم غير الشفافة ليعطى مساحة لبنية معتمدة للطلاء بدون أن يفسد اللعان العالي لطلاءات أكسيد البورون .(1)
- ويبدأ الفعل الصهار لأكسيد الكالسيوم عند 1100 °م ومن هذه الدرجة إلى درجات الحرارة الأعلى يكون مصهر نشط وفعال لكل الطلاءات في كل درجات الحرارة وفي كل الأجواء
- تنخفض نقطة إنصهار أكسيد الكالسيوم مع السيليكا فقط ، بحيث يكون إنصهاره عند درجة حرارة 1710 °م ولا يمكن أن يعطى زجاج منصهر تحت 1400 °م ولكن في الإتحاد أوالتفاعل مع المصهرات الأخرى يمكن أن يعطى الكالسيوم سائل منصهر . (2)



— وللكالسيوم تأثير بسيط على الألوان التي نحصل عليها من الأكاسيد الملونة - ففي إختزال الطلاءات ذات الحرارة العالية- فإن اللون الأخضر المعروف باسم الميلادون Celadon يفضل إنتاجه في وجود كمية كبيرة من أكسيد الكالسيوم في الطلاء . (1)

— وعادة يدخل الكالسيوم في الطلاءات على هيئة الحجر الجيري "Whiting" الذي يتحلل عند التسخين وينطلق غاز ثاني أكسيد الكربون الذي يمكن أن يحدث فقاعات أوبثور في الطلاء (وبخاصة طلاءات الحرارة المنخفضة) . ويستخدم الدولوميت بكثرة كمصدر لأكسيد الكالسيوم في تركيبة الطلاء عندما تحتوي الخلطة على أكسيد المغنسيوم أيضاً . وهناك الأنورثيت "الفلدسبار الكالسيومي" ، والفلوروسبار "فلوريد الكالسيوم" إذا كان المطلوب كمية صغيرة منه ، والكوليمانيت أوبورات الكالسيوم إذا كانت تركيبة الطلاء تحتوي على أكسيد البورون أيضاً . (2)

#### 4 - أكسيد الماغنسيوم MgO.

— معامل التمدد الحراري Thermal Expansion Coefficient : 0.1 (3)

الوزن الجزيئي Molecular Weight : 40.3

— درجة الإنصهار Fusion Point : 2800 °م (4)

— يستخدم أكسيد المغنسيوم بشكل رئيسي كماده صهاره في درجات الحرارة العالية . ولأنه مقاوم للحرارة بدرجة كبيرة فلا يستخدم بكثرة في طلاءات الحريق المنخفضة فيما عدا لإكسابها العتامة والإنطفاء .

— عند إستخدام أكسيد الماغنسيوم للحصول على سطح مطفاً في درجات الحرارة المنخفضة يعمل كمادة عتامة ، أو كمادة محسنة للسطح أيضاً ، وعادة ما يدخل في تركيب الطلاء على هيئة كربونات الماغنسيوم بنسبة 15 % تقريباً - وهذا القدر يكون إضافة إلى المصهرات العادية - وتتنفك كربونات الماغنسيوم بالتسخين لتصبح أكسيد الماغنيسيوم الحراري وبعض من هذا الماغنيسيوم يذوب في المصهور ولكن الغالبية تظل في صورة معلقة ، وتكون النتيجة هي طلاء أبيض ، معتم ، مطفى وغالباً ما يكون غير ملون ، كما أنه لا يكون مثل الطلاء الذي يعتمد في أطفائه وإعتامه على القصدير ، أو التيتانيوم ، أو الزيركون . (5)

1- Ref.26 Pp.92

2- Ref.17 Pp.24

3- Ref.5 Pp.163

4- Ref.6 Pp.57

5- Ref.19 Pp.205

— وعند إستخدامه للحصول على سطح مطفاً في درجات الحرارة العالية ، يعمل أكسيد الماغنيسيوم كمادة صهارة ومادة عتامة ومادة محسنة للسطح أيضاً . وعندما يوجد بقدر يزيد عن الكمية الضرورية للإنصهار الكامل للسيليكا فإن الكمية الفعلية من كربونات الماغنيسيوم في خلطة الطلاء يمكن أن تكون بين 20 % ، 30 % والزيادة تظل موجودة في الطلاء المنصهر وتساعد على وجود السيليكات البسيطة مع كميات منخفضة من السيليكا . ونظراً لوجود الأكاسيد القلوية بوفرة ، يكون هناك إحتمال أن يكون من جزئى إلى ثلاث جزيئات سيليكاً لكل وحدة قلوى يكون ذلك متشابك مع مصهور الألومينو سيليكات ويبقى في الحالة السائلة ولكن السيليكات البسيطة تتبللر عند التبريد لتعطى سطح مطفى ومعتم (1).

— فى الطلاءات ذات الحريق العالى يمكن أن يعطى أكسيد الماغنيسيوم للطلاء سطحاً زديداً ناعماً وبخاصة فى حريق الإختزال ، فإختزال الطلاءات ذات الحرارة العالية والمحتوية على أكسيد الماغنيسيوم عادة ما تعطى سطحاً معتماً ناعماً كثيفاً ، وإضافة كمية كبيرة من أكسيد الماغنيسيوم تسبب جفاف الطلاء وربما تؤدي إلى التجميع أو التقوب الإبرية فى الطلاء .

— وللماغنيسيوم أثره على الألوان ، فعند إضافة أكسيد الكوبالت إلى الطلاءات المحتوية على أكسيد الماغنيسيوم يصبح اللون الناتج أرجوانياً بدلاً من اللون الأزرق المعتاد ، وعند درجة الحرارة المرتفعة جداً وحيث توجد كمية كبيرة من أكسيد الماغنيسيوم فإن هذا اللون الأرجوانى يمكن أن يختلط بخطوط من الوردى أو الأحمر (2).

### [ب] الأكاسيد المتعادلة .

#### — أكسيد الألومنيوم $Al_2O_3$

— معامل التمدد الحراري Thermal Expansion Coefficient : 5.1 (3)

— الوزن الجزيئي 102 : Molecular Weight

— درجة الإنصهار 2040 °م : Fusion Point (4)

— أن الدور الكبير الذى تلعبه الألومينا فى الطلاء وخواصه يكون من الأهمية بحيث نجدها تلى السيليكا فى الترتيب بالنسبة للأكاسيد الحيوية فى الطلاء . فالمخلوط البسيط من

المواد الصهارة والسيليكا يمكن أن ينتج طلاء ولكنه يميل إلى الإنصهار فجأة ، أو ينتج مصهور سائل جداً يكون عرضه لأن يسيل من على سطح المنتج أثناء الحريق ، ويميل أيضاً للتبلور بسهولة أثناء التبريد. وإضافة الألومينا تجعل الطلاءات أكثر إستقراراً عن طريق جعل المصهور أكثر لزوجة وبذلك تعوق فقدان الشفافية كما أنها تجعل التغيير من مرحلة التصلب إلى مرحلة السيولة أكثر تدرجاً أثناء إنصهار الطلاء ولذلك فإن الطلاء المنصهر يظل لزجاً في مدى من درجات الحرارة يصل إلى مائة أومائتي درجة مئوية فوق النقطة التي كان سيسيل عندها الطلاء فوق سطح المنتج .

— وتبلغ نقطة إنصهار الألومينا 2040 °م ولذلك فإنها تجعل الطلاءات ذات صفات حرارية ولكنها في نفس الوقت تعطى متانة ومقاومة كبيرة . وكقاعدة عامة تزيد النسبة المئوية للألومينا كلما زادت درجة حرارة الحريق .(1)

— ونجد أن مصدر الألومينا المطلوبة في الطلاء يعتمد على درجة حرارة حريق الطلاء ، ففي الطلاءات ذات الحرارة المنخفضة يكون مصدر الألومينا هو الفلد سبار والذي يمكن إعتباره مادة حرارية في هذه الطلاءات .

— أما في طلاءات الخزف الارضى ، والخزف الحجرى ، والبورسلين فالمصدر الشائع للألومينا هو الكاولين ، أو هيدرات الألومينا  $Al_2O_3 \cdot 3H_2O$  ، أو الألومينا المكلسة  $Al_2O_3$  والصيغة الكيميائية للكاولين هي  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$  ، والكاولين يقدم السيليكا أيضاً في الطلاء ويعتبر هام بشكل خاص في إبقاء الطلاء على هيئة معلق أثناء التغطيس .

— ويعتبر سلوك الألومينا قاعدى وحامضى معاً ، إذا أنها يمكن أن تتحد مع كل من الأكاسيد الحامضية — السيليكا أو أكسيد البورون ، وكذلك تتحد مع القواعد ، ولهذا السبب يشار إليها على أنها أكسيد متعادل (Amphoteric) . (2)

— إذا زادت الألومينا بقدر كبير في الطلاء فإنها تجعله كثيف جداً وله توتر سطحى عالى ، بمعنى أن سطح الطلاء إذا حدث به كسر أو تصدع فإنه لا يزول أثره ولا يصبح مصقولاً ، وبالتالي فإن الحفر الناتجة من خروج الغازات تظهر على هيئة تقوب إيربة في الطلاء الناضج . ونظراً للتوتر السطحي العالى للطلاء اللزج فإن ذلك ينتج عنه طلاء به تجميع إذا ما حدث أى كسر في سطح الطلاء الخام قبل الحريق .(3)

1- Ref.17 Pp.25

2- Ref.17 Pp.26

3- Ref.19 Pp.7

## [ج] الأكاسيد الحامضية:-

### 1 - أكسيد البورون $B_2O_3$

— معامل التمدد الحراري Thermal Expansion Coefficient : 0.1

(1) الوزن الجزيئي Molecular Weight : 70

(2) درجة الإنصهار Fusion Point : 700 °م

— إذا كان المطلوب إنتاج طلاء ذو درجة حرارة منخفضة فإن ذلك يستلزم استخدام نسبة عالية من المواد الصهارة وذلك لصهر وإذابة الأكسيد الأساسي لتكوين الزجاج والذي يكون عادة السيليكا ، وإذا لم يكن من المتاح استخدام أكسيد الرصاص فيمكن استخدام أكاسيد الصوديوم ، والبوتاسيوم ، والكالسيوم ، والليثيوم ... الخ . وإحدى طرق تخفيض حرارة الحريق هي إحلال بعض السيليكا بمساعد تكوين الزجاج الآخر وهو أكسيد البورون الذي يكون — على خلاف السيليكا — مساعد صهر أيضاً .

— ولأكسيد البورون فعل مساعد على الصهر عند درجات الحرارة المنخفضة وأيضاً فإنه يكون البلورات التي تخفض تمدد الطلاء ولذا فله تأثير مقاوم للتشقق *Crazing*، ولكن عندما يستخدم بنسبة تزيد عن 15 % في التركيبة ينعكس هذا التأثير ويعمل على تشجيع التشقق ، والكميات الكبيرة أيضاً تقلل مقاومة الطلاء للأحماض .

— أكسيد البورون يجعل الطلاءات أكثر ميلاً إلى فقدان الشفافية ، وبخاصة فوق أجسام التراكوتا والتي بسبب محتواها العالي نسبياً من الكالسيوم فإنها تسمح بتكوين بلورات من بورات الكالسيوم في الطلاء المحروق إذا تم التبريد ببطء مما ينتج عنه لون أبيض مائل للزرقة . (3)

— وبالنسبة لتأثيره على الألوان ، نجد أن أكسيد البورون يزيد من تأثير الأكاسيد الملونة وفي هذه المقام يشبه أكاسيد الصوديوم والبوتاسيوم . وفي وجود كمية صغيرة من الحديد سوف ينتج ألوان زرقاء لبنية *Milky* متلألئة ويمكن أن ينتج تأثيرات لونية ذات تفسيرات أو بقع لونية مع الأكاسيد الملونة الأخرى . (4)

1- Ref.5 Pp.163 2- Ref.19 Pp.34 3- Ref.17 Pp.26 4- Ref.26 Pp.94

— المصادر الشائعة إستخدامها لتقديم أكسيد البورون فى الطلاءات هو البوراكس

" $\text{Na}_2\text{B}_2\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ " - وحمض البوريك " $\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ " وهى مواد قابله للذوبان فى الماء .ويمكن أيضاً إستخدام الكوليمانيت كمصدر لأكسيد البورون وهى غير قابله للذوبان ولكنها دائماً ما يختلف تركيبها الطبيعي .(1)

## 2 — السيليكا $\text{SiO}_2$

— معامل التمدد الحراري Thermal Expansion Coefficient : 0.8 (2)

الوزن الجزيئي Molecular Weight : 60

— درجة الإنصهار Fusion Point : 1710 °م (3)

— تعتبر السيليكا هى المكون الأساسى للطلاءات الزجاجية أما المكونات الأخرى التى تدخل فى تركيب الطلاء فتكون وظيفتها إما تعديل نقطة إنصهار الطلاء نحو درجة حرارة أقل ، أو إكساب الطلاء خاصية معينة أخرى مثل العتامة أو إنطفاء اللون والطلاءات ذات الحريق المنخفض تلك التى تتضج عند درجة حرارة 1050 °م أو أقل تحتوى على حوالى جزئين من السيليكا إلى جزئ واحد من المكونات الأخرى للطلاء متحدة ، وطلاءات الحريق العالى التى تتضج عند 1250 °م أو أعلى سوف يكون بها سيليكا بكمية تساوى ثلاثة أمثال أو أربعة أمثال المكونات الأخرى مجتمعه .(4)

— إن القشرة الارضية تتكون معظمها من السيليكا وهى حقيقة تبين الصلابة والبقاء ومقاومة التغيير الكيميائى أوالذوبان لهذا الأكسيد ، وهذه هى الخواص المرغوب فيها التى تضيفها السيليكا إلى الطلاءات ، والقاعدة العامة فى عمل الطلاءات هى أنه يجب أن نضيف كمية من السيليكا تكون كبيره بقدر الإمكان إلى الطلاءات ، فطلاءات الحريق العالى ذات صلابة فائقة مقارنة بطلاءات الحريق المنخفضة نظراً لأن كمية السيليكا التى تدخل فى تركيبها تكون أكبر .(4)

— تدخل السيليكا فى الطلاء بطريق غير مباشر عند إستخدام الكاولين ، أوالفلدسبار ، أوحجر الكورنيش ، أوالنيفلين سيانيت .

1- Ref.17 Pp.26 2- Ref.5 Pp.163 3- Ref.6 Pp.58 4- Ref.26 Pp.88

وعادة يتم حساب مكونات الطلاء من الخامات سائلة الذكر بالقدر اللازم لإمداد الطلاء بالكميات المطلوبة من الألومينا ، الأكاسيد الأخرى أولاً ثم بعدها يتم إستخدام مصدر مباشر لإدخال الكمية المتبقية من السيليكا حسب تركيبة الطلاء .(1)

— وتوجد السيليكا فى الطبيعة على هيئة صخر الكوارتز "Quartz Rock" ، الكوارتزيت "Quarzite" ، الجانستر "Ganister" ، الحجر الرملي "Sand Stone" ، الرمل "Sand" ، الفلنت "Flint" ، الشيرت "Chert" والعديد من الأحجار التى تُدرج تحت مسمى الكوارتز وتحتوى كلها على شوائب بنسب متفاوتة .(2)

وزيادة محتوى السيليكا فى الطلاء تعمل على الآتى:-

- رفع مدى النضج وذلك بجعل المصهور أكثر مقاومة للحرارة .
- زيادة لزوجة الطلاء (أى تقليل السيولة fluidity) .
- زيادة مقاومة الطلاء المحروق للكيماويات .
- زيادة قوة وصلابة الطلاء المحروق (نجد أن كمية السيليكا الكبيره فى طلاءات الخزف الحجرى والبورسلين مسئوله عن الصلابة والمتانة فيها مقارنة بطلاءات الحرارة المنخفضة .

ولزيادة محتوى السيليكا فى الطلاء بعض العيوب منها: -

- خفض معامل التمدد الحرارى للطلاء بمعنى مقاومة التشقق .(3)
- تجعل مظهر الطلاء وكأنه غير ناضج Under fire عند درجة حرارته الفعلية .
- فقدان الشفافية أو تكوين بللورات فى الطلاء عندما يبرد .(4)

---

1- Ref.17 Pp.28 2- Ref.19 Pp.290 3- Ref.17 Pp.27 4- Ref.26 Pp.88

## الباب الرابع

### الطريقة العملية للحصول على التأثيرات الفنية محل الدراسة

أولاً:- حساب المعادلات الأولية الأساسية للبحث وتعديلاتها

ثانياً:- التطبيقات

ثالثاً:- التطبيقات الفنية





أولاً

حساب المعادلات الأولية الأساسية للبحث وتعديلاتها



## حسابات التزجيج :-

جدير بالذكر أن أول من طبق الطريقة العملية لفهم حسابات التزجيج كان العلم الألماني "هيرمان سيجر" "Herman Seger" (1839-1894) في القرن التاسع عشر .

فلقد أدرك فكرة التعبير عن خامات ومكونات الطلاءات الزجاجية في صورة معادلة كيميائية تكتب بنظام معين في مجموعات تمثل الشق القاعدي والشق الحامضي ، وأبسط تركيبة للطلاء تتمثل في المعادلة التالية :-  $b \text{ SiO}_2$   $a \text{ RO}$  حيث  $a, b$  نسب الأكاسيد الداخلة في تركيبة الطلاء .

ومجموعة RO تشمل الأكاسيد :-  $\text{PbO}$  ,  $\text{K}_2\text{O}$  ,  $\text{Na}_2\text{O}$  ,  $\text{CaO}$  ,  $\text{MgO}$  ,  $\text{BaO}$  ,  $\text{ZnO}$  وفي حالة الطلاءات الملونة تضاف لها مجموعة الأكاسيد التالية :

$\text{CO}$  ,  $\text{CuO}$  ,  $\text{MnO}$  ,  $\text{FeO}$

ولابد أن يكون مجموع أكاسيد هذه المجموعة يساوي الواحد الصحيح كأساس لمقارنة الطلاءات ببعضها أو مقارنة معادلة بأخرى .

وأكاسيد هذه المجموعة تعمل عموماً كمادة صهارة وهي تشمل الأكاسيد القلوية والأكاسيد القلوية الأرضية ، والعلاقة العددية بين المادة الصهارة والسيليكا يتوقف عليها بريق ولمعان الطلاء ، ولهذا لابد من توحيد المعادلة بحيث يكون مجموع أكاسيد هذه المجموعة يساوي الواحد الصحيح . وتتسب كل أكاسيد المعادلة لهذا الواحد الصحيح .

\_ ويلاحظ أن مجموعة الـ ( $\text{RO}$  ,  $\text{R}_2\text{O}$ ) أكاسيدها تتكون باتحاد ذرة من أكسيد عنصر فلزي ثنائي التكافؤ ( أو ذرتين من عنصر فلزي أحادي التكافؤ مثل الصوديوم أو البوتاسيوم ) مع ذرة من الأكسجين مثل  $\text{PbO}$  ,  $\text{K}_2\text{O}$  وهذه المجموعة تمثل الشق القاعدي في المعادلة .

\_ ومجموعة  $\text{R}_2\text{O}_3$  يتحد فيها ذرتان من العنصر مع ثلاث ذرات من الأكسجين مثل  $\text{Al}_2\text{O}_3$  وتمثل الشق المتعادل أو المتردد .

\_ ومجموعة  $\text{RO}_2$  يتحد فيها ذرتين من الأكسجين مثل  $\text{SiO}_2$  وتمثل الشق الحامضي من المعادلة . (1)

وتكتب المعادلة بهذه الصورة :-

Network modifier	Intermediates	Network former
$RO-R_2O$	$R_2O_3$	$RO_2$
$Na_2O$	$Al_2O_3$	$SiO_2$
$K_2O$		$B_2O_3$
$CaO$		
$MgO$		
$PbO$		
$FeO$		
$MnO$		

والمعادلة التركيبية Empirical Formula السابقة يمكن أن يطلق عليها أيضاً المعادلة المكافئة Equivalent Formula ، وهي على صورتها هذه لاتعطينا أوزاناً بالجرام لخامات الطلاء التي نرغب في إستخدامها ، ولهذا لابد من تحويلها إلى تركيبة وزنية Glaze Recipe بالجرام لضبط نسب الأكاسيد والخامات المكونة للطلاء الزجاجي .(1)

(كما هو موضح في صفحة 102 )

## أولاً- الحسابات الخاصة بالطلاءات الزجاجية الخاصة بمجال الدراسة.

تعاملت الدلرسة مع المعادلة الجزئية التكافؤية "Seger Formula" على أساس التغيير في مجموعة الأكاسيد RO group نظراً لكونها هي المحرك الأساسي لترتيب الجزيئات داخل الشبكات للزجاجية التي كانت مجال البحث ، كما ترجع أهميتها إلى عدة عوامل تؤثر في نوعية الملامس الناتجة على أسطح الطلاءات الزجاجية منها :-

- معامل التمدد الحراري للطلاء الزجاجي وإختلافه عن الجسم المطبق عليه.
- قابلية الإنصهار "Fusibility" والتي تعني تكوين أكبر كمية من السائل الزجاجي المنصهر عند درجة التسوية النهائية .
- اللزوجة "Viscosity" .
- التوتر السطحي "Surface Tension" .
- الدرجات اللونية المتنوعة للطلاء الزجاجي .
- كل تلك العوامل بالإضافة إلي تحديد درجة حرارة التسوية التي يتم عندها الحصول على الملامس الفنية التي نحاول الحصول عليها .

وقد تم إختيار خمسة معادلات أولية أساسية في مدى حراري متنوع يبدأ من 1100°م حتى 1230°م وذلك حتى تتم رؤية التأثيرات الفنية محل الدراسة في درجات الحرارة المختلفة.

المعادلات الأولية الأساسية هي:-

### المعادلة الأولية ( هـ ) 1230°م

Network modifier RO		Intermediates R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		Network former RO <sub>2</sub>	
Na <sub>2</sub> O	0.013	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.693	SiO <sub>2</sub>	6.801
K <sub>2</sub> O	0.288			B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.020
CaO	0.685				
MgO	0.014				

المعادلة الأولية (ج) 1200°م

RO

Na <sub>2</sub> O	0.043
K <sub>2</sub> O	0.260
CaO	0.649
MgO	0.048

R<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.676
--------------------------------	-------

RO<sub>2</sub>

SiO <sub>2</sub>	6.399
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.119

المعادلة الأولية (ب) 1140°م

RO

Na <sub>2</sub> O	0.109
K <sub>2</sub> O	0.198
CaO	0.571
MgO	0.122

R<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.639
--------------------------------	-------

RO<sub>2</sub>

SiO <sub>2</sub>	5.320
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.217

المعادلة الأولية (أ) 1100°م

RO

Na <sub>2</sub> O	0.157
K <sub>2</sub> O	0.153
CaO	0.513
MgO	0.177

R<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.611
--------------------------------	-------

RO<sub>2</sub>

SiO <sub>2</sub>	4.572
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.314

### المعادلة الأولية (د) 1100م

RO		R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		RO <sub>2</sub>	
Na <sub>2</sub> O	0.182	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.586	SiO <sub>2</sub>	4.199
K <sub>2</sub> O	0.130			B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.363
CaO	0.484				
MgO	0.204				

في البداية تم عمل حلول مختلفة تعبر عن المعادلات الأساسية الخمسة بدون إجراء أي تغيير في نسب الأكاسيد ، ولكن مع إستخدام خامات مختلفة كمصدر للأكسيد الواحد ، نظراً لأنه كما تؤثر نسبة الأكسيد في المعادلة الأساسية على الطلاء الزجاجي الناتج فإن الخامة التي تستخدم مصدراً لهذا الأكسيد تؤثر أيضاً بشكل قوي على الطلاء الزجاجي النهائي.

ثم تم عمل تسعة تعديلات في المعادلات الأولية وهذه التعديلات كانت عبارة عن إحلال أكسيد محل الآخر أو إحلال عدة أكاسيد محل عدة أكاسيد أخرى في مجموعة "RO group" ، أو إجراء تغييرات كاملة في نسبة كل أكسيد إلى الآخر مع إيجاد عدة حلول لكل معادلة أولية جديدة ( بعد التعديل) بإستخدام مصادر مختلفة للأكاسيد المكونة لها.

ومجموعة التراكيب التي تم الحصول عليها ( 120 ) تركيبة وزنية تقريباً تم تقسيمها إلى خمسة مجموعات على أساس المعادلة الأولية الأساسية التي تتبثق منها تراكيب كل مجموعة ، وعلى أساس درجة حرارة الحريق التي تمت التسوية عندها .

- ويوضح الرسم التخطيطي التالي ترتيب مراحل البرنامج التطبيقي للدراسة التجريبية .
- وتوضح الجداول المرفقة صورة تفصيلية للبرنامج النظري الذي تم إتباعه ، والمعادلات الأولية الأساسية والتعديلات التي تم إجراؤها في كل معادلة على حدة ، وتوضح رقم العينة والعينات التي تعبر عن كل معادلة أولية أساسية أو عن المعادلات الأولية المعدلة .

## رسم تخطيطي يوضح ترتيب مراحل البرنامج التطبيقي للدراسة التجريبية للبحث

### المعادلات الأساسية

0

هـ	ـ	ب	أ	د
----	---	---	---	---

### المدى حرارى

1230°م	1200°م	1140°م	1100°م
--------	--------	--------	--------

### الإحلالات

9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
زيادة نسبة أكسيد الصوديوم وتقليل نسبة أكسيد الكالسيوم وتغيير نسبة كل الأكاسيد تبعاً لذلك	زيادة نسبة أكسيد البوتاسيوم وتغيير نسبة كل الأكاسيد تبعاً لذلك	K <sub>2</sub> O محل MgO والعكس	تغيير نسبة كل الأكاسيد	K <sub>2</sub> O محل CaO & CaO محل MgO & MgO محل K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O محل MgO والعكس	زيادة نسبة أكسيد الصوديوم وتغيير نسبة كل الأكاسيد تبعاً لذلك	Na <sub>2</sub> O محل K <sub>2</sub> O والعكس	Na <sub>2</sub> O محل CaO والعكس	

### عدد العينات التي تعبر عن كل إحلال

7	6	8	12	11	5	10	5	13	43
---	---	---	----	----	---	----	---	----	----

### عدد العينات الناجحة من كل إحلال

3	3	-	1	5	-	3	2	6	7
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---



المجموعة :- ( هـ ) 1230 م

نسب الأكاسيد كمكافئات جزيئية Oxides as molecular equivalents								
الإحلال Relacment	رقم التجربة Test NO.	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
0	10:1	0.013	0.288	0.685	0.014	0.693	6.801	0.020
1	15-14	0.685	0.288	0.013	0.014	0.693	6.801	0.020
2	16	0.288	0.013	0.685	0.014	0.693	6.801	0.020
3	17	0.020	0.286	0.680	0.014	0.688	6.754	0.013
4	18	0.014	0.288	0.685	0.013	0.693	6.801	0.020
5	20	0.013	0.685	0.014	0.288	0.693	6.801	0.020
6	19	0.018	0.027	0.936	0.019	0.947	9.290	0.393
7	12-11- 13	0.013	0.014	0.685	0.288	0.693	6.801	0.020
8	21	0.020	0.680	0.286	0.014	0.688	6.754	0.013

المجموعة :- (ج) 1200 °م

نسب الأكاسيد كمكافئات جزيئية Oxides as molecular equivalents								
الإحلال Relacment	رقم التجربة Test NO.	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
0	5:1	0.043	0.260	0.649	0.048	0.676	6.399	0.119
1	19-8-22	0.649	0.260	0.043	0.048	0.676	6.399	0.119
2	11-10	0.260	0.043	0.649	0.048	0.676	6.399	0.119
3	13-12	0.110	0.242	0.603	0.045	0.628	5.947	0.040
4	-	-	-	-	-	-	-	-
5	16-17-18	0.043	0.649	0.048	0.260	0.676	6.399	0.119
6	15-14	0.050	0.138	0.756	0.056	0.787	7.449	0.303
7	7-6	0.043	0.048	0.649	0.260	0.676	6.399	0.119
8	20-19	0.110	0.603	0.242	0.045	0.628	5.947	0.040

المجموعة :- ( ب ) 1140 °م

نسب الأكاسيد كمكافئات جزيئية Oxides as molecular equivalents								
الإحلال Relacment	رقم التجربة Test NO.	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
0	8:1	0.109	0.198	0.571	0.122	0.636	5.320	0.217
1	26-10	0.571	0.198	0.109	0.122	0.636	5.320	0.217
2	11	0.198	0.109	0.571	0.122	0.636	5.320	0.217
3	12	0.196	0.179	0.515	0.110	0.574	4.801	0.098
4	13	0.122	0.198	0.571	0.109	0.636	5.320	0.217
5	20-19 25-21	0.109	0.571	0.122	0.198	0.636	5.320	0.217
6	15-14 16- 18-17	0.107	0.213	0.560	0.120	0.624	5.220	0.194
7	9	0.109	0.122	0.571	0.198	0.636	5.320	0.217
8	22	0.196	0.515	0.179	0.110	0.574	4.801	0.098
9	24-23	0.336	0.189	0.169	0.306	0.985	8.235	0.884

المجموعة :- (أ) 1100°م

نسب الأكاسيد كمكافئات جزيئية Oxides as molecular equivalents								
الإحلال Relacment	رقم التجربة Test NO.	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
0	10:1	0.157	0.153	0.513	0.177	0.611	4.572	0.314
1	19-11 21-20	0.513	0.153	0.157	0.177	0.611	4.572	0.314
2	-	-	-	-	-	-	-	-
3	13	0.271	0.132	0.443	0.153	0.528	3.952	0.136
4	14	0.177	0.153	0.513	0.157	0.611	4.572	0.314
5	16	0.157	0.513	0.177	0.153	0.611	4.572	0.314
6	15	0.135	0.270	0.442	0.152	0.526	3.938	0.132
7	12	0.157	0.177	0.513	0.153	0.611	4.572	0.314
8	17	0.271	0.443	0.132	0.153	0.528	3.952	0.136
9	18	0.392	0.221	0.196	0.191	0.763	5.708	0.640

المجموعة :- ( د ) 1100 م

نسب الأكاسيد كمكافئات جزيئية Oxides as molecular equivalents								
الإحلال Relacm ent	رقم التجربة Test NO.	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
0	10:1	0.182	0.130	0.484	0.204	0.586	4.199	0.363
1	30-12	0.484	0.130	0.182	0.204	0.586	4.199	0.363
2	13	0.130	0.182	0.484	0.204	0.586	4.199	0.363
3	15-14 17-16- 18	0.307	0.110	0.410	0.173	0.496	3.555	0.154
4	20-19- 21	0.204	0.130	0.484	0.182	0.586	4.199	0.363
5	26-25	0.182	0.484	0.204	0.130	0.586	4.199	0.363
6	23-22- 24	0.148	0.294	0.393	0.165	0.475	3.406	0.105
7	11	0.182	0.204	0.484	0.130	0.586	4.199	0.363
8	27	0.307	0.410	0.110	0.173	0.496	3.555	0.154
9	29-28	0.413	0.232	0.207	0.148	0.667	4.777	0.551

### الطريقة الحسابية لتحويل القانون المكافئ للمعادلة الجزيئية إلى وزن كمي .

تم تحويل القانون المكافئ لكل معادلة جزيئية تكافؤية إلى وزن كمي بالطريقة الآتية:-  
 - في الجدول الأول :- يُكتب في العمود الأول منه المواد الخام المضافة كمكافئات وفي بقية الأعمدة تكتب الأكاسيد مع مكافئاتها المطلوبة. (1)

وكما هو موضح ، للحصول على مكافئ 0.013 من أكسيد الصوديوم  
 تم استخدام الفلدسبار الصوديومي ورمزه الكيميائي  $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{Si}_2\text{O}$   
 وهذا يعني إضافة النسب التالية إلى تركيبة الطلاء :- 0.013 من أكسيد الصوديوم ،  
 0.013 من الألومينا ،  $6 \times 0.013$  من السيليكا .

وللحصول على مكافئ 0.288 من أكسيد البوتاسيوم  
 تم استخدام الفلدسبار البوتاسيومي ورمزه الكيميائي  $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{Si}_2\text{O}$   
 وهذا يعني إضافة النسب التالية إلى تركيبة الطلاء :- 0.288 من أكسيد البوتاسيوم ،  
 0.288 من الألومينا ،  $6 \times 0.288$  من السيليكا .  
 وب نفس الطريقة السابقة مع كل الخامات حتى تتحول كل الأكاسيد إلى خامات .

- في الجدول الثاني:- يتم ضرب مكافئ المادة الخام في وزنها المكافئ فنحصل على وزن  
 المادة النسبي بالجرام الذي تم تحويله إلى نسبة مئوية . (2)

### المعادلة الأولية هـ 1230م

RO		R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		RO <sub>2</sub>	
Na <sub>2</sub> O	0.013	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.693	SiO <sub>2</sub>	6.801
K <sub>2</sub> O	0.288			B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.020
CaO	0.685				
MgO	0.014				

المواد الخام المضافة كمكافئات	مكافئات الأكسيد في مادة التزجيج "Equivalents of oxides in glaze"						
Raw materials added,	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
As equivalent	0.013	0.288	0.685	0.014	0.693	6.801	0.02
0.013	0.013				0.013	0.078	
Na-Feldspar							
Difference	0				0.688	6.723	
0.288		0.288			0.288	1.728	
K-Feldspar							
Difference		0			0.392	4.995	
0.014			0.014	0.014			
Dolomite			0.671	0			
Difference							
0.02							0.02
Boric Acid							
Difference			0.671				0
0.671							
Whiting			0				
Difference							
0.392					0.392	0.784	
Kaolim							
Difference					0	4.211	
4.211						4.211	
Quartz							
Difference						0	

المواد الخام	مكافئ المادة الخام المضاف	الوزن المكافئ للمادة الخام	الأوزان النسبية بالجرام	النسبة المئوية بالوزن
Raw Materials	Equiv added	Equiv wt	Relative wt.gm	Percent wt
	1	2	(3)=(1)*(2)	3/593.567*100
Na-Feldspar	0.013	524.449	6.817	1.15
K-Feldspar	0.288	556.6734	160.321	27.01
Dolomite	0.014	184.4107	2.581	0.43
Boric Acid	0.02	123.66622	2.473	0.42
Whiting	0.671	100.08935	67.159	11.31
Kaolin	0.392	258.16148	101.199	17.05
Quartz	4.211	60.0848	253.017	42.63
			593.567	100

Na-Feldspar	1.15
K-Feldspar	27.01
Dolomite	0.43
Boric Acid	0.42
Whiting	11.31
Kaolin	17.05
Quartz	<u>42.63</u>
	100.00



### الطريقة النظرية لحساب معامل التمدد الحراري للطلاء .(1)

تم تعيين معامل التمدد الحراري لعينات البحث باستخدام الطريقة النظرية للحساب - كما هو موضح بالجدول المرفق - وهي طريقة غير دقيقة تماماً ولكنها تعتبر مؤشر لمعامل التمدد الحراري الحقيقي للطلاء .

وفيها تستخدم نسبة الأكاسيد في المعادلة الجزيئية للطلاء للحصول على معامل التمدد الحراري له كما يلي :

العمود الأول :- يمثل حاصل ضرب نسبة كل أكسيد في المعادلة الجزيئية  $\times$  الوزن الجزيئي له

العمود الثاني :-الصف الأول من هذا العمود يمثل نتيجة قسمة  $\frac{S.F \text{ mol. wt}}{\text{Total}} \times 100$

لكل أكسيد ، ويمثل الصف الثاني منه ( معامل التمدد الحراري لكل أكسيد ) .

العمود الثالث :- يمثل حاصل ضرب العمود الثاني  $\times 10^{-7}$

Segger Formula  $\times \text{mol. wt.}$

Na <sub>2</sub> O	0.013X62	=0.806	0.14736X10	1.4736X10 <sup>-7</sup>
K <sub>2</sub> O	0.288X94	=27.072	4.9496X8.5	42.0723X10 <sup>-7</sup>
CaO	0.685X56	=38.360	7.01351X4.4	30.8594X10 <sup>-7</sup>
MgO	0.014X40	=0.560	0.10238X0.1	0.01023X10 <sup>-7</sup>
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.693X102	=70.686	12.9238X5.1	65.9114X10 <sup>-7</sup>
SiO <sub>2</sub>	6.801X60	=408.060	74.6072X0.8	59.6858X10 <sup>-7</sup>
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.020X70	=1.400	0.2559X0.1	0.02559X10 <sup>-7</sup>
Total		546.944		200.0383*10 <sup>-7</sup>

وبقسمة العدد الناتج في العمود الثالث على العدد 3 نحصل على معامل التمدد الحراري التقريبي للطلاء .

- معامل التمدد الحراري لهذا الطلاء ( المعادلة الجزيئية هـ )  $= 66.679 \times 10^{-7}$



ثانياً:- التطبيقات



## ثانياً : - التطبيقات

### مراحل تجهيز الجسم و الطلاء للتطبيق .

#### 1- الجسم المستخدم :-

تم تطبيق تجارب الطلاءات الزجاجية الخاصة بالبحث على جسم صحي جاف " Sanitary Ware (الجسم الخاص بالأدوات الصحية للشركة العامة للخزف والصيني )

– مواصفات الجسم الصحي المستخدم كما يلي :-

الراسب : 14 جم / لتر

وزن اللتر : 1780 جم / لتر

قوة الكسر للجسم الجاف : 30 كجم / سم<sup>2</sup>

الإنكماش الكلي عند درجة : 1230 °م = 14 %

معامل التمدد الحراري :  $10^{-7} \times 4,4$

تشكيل الجسم : بطريقة الصب

تركيب الجسم : كاولين (صيني) - طينة إنجليزي - رمل - بولكلئ أسوان .

2- شكل الجسم :- عينات دائرية الشكل ذات سطح مقعر نصف قطره حوالي 4.5 سم يتم تشكيلها بالصب في قالب .

3 - إعداد خامات الطلاء :- تم استخدام الخامات الخاصة بطلاءات الأدوات الصحية بالمصنع في تركيب الطلاءات الخاصة بالبحث ، والتي يتم طحنها طحناً مبللاً في طواحين الكرات سعة 100 كجم ، لمدة 48 ساعة ، ونسبة الماء حوالي 60% ، حتى يصبح الراسب من 0,5 جرام / لتر ، حتى 1,0 جرام / لتر تقريباً ، على منخل 10000 فتحة / بوصة طولية ، ويتم التجفيف في مجفف كهربائي عند درجة حرارة 190 °م لمدة 18 ساعة . وبعد التجفيف تصبح الخامات جاهزة للإستخدام .

4 - نسبة الماء :- تراوحت نسبة الماء ما بين 60% إلى 70% من الوزن .

5 - الخلط :- تم خلط كمية 200 جم من الخامات التي تمثل التركيبة الوزنية لكل تجربة من تجارب البحث .

— الطاحونة المستخدمة في الخلط هي طاحونة كرات سعتها 1/2 كجم ، وسرعتها 60 لفة /دقيقة "Ball mill".

— بإستخدام كور الطحن من البورسلين ذات أقطار مختلفة وزنها الكلي 550 جم .

6 - الراسب :- تم تعيين الراسب للخلطات بإستخدام منخل 10000 فتحة / بوصة طولية .

7-التطبيق :- تم التطبيق بالسكب على الجسم الجاف (غير المحروق) .

8 - التسوية :-

— تم تسوية الطلاءات في مدى متنوع من درجات الحرارة : 1100, 1140, 1200 , 1230°م

— في فرن كهربائي أبعاده 50 X 60 X 75 سم .

— جو الحريق مؤكسد .

— دائرة التسخين :-

— تم التسخين بمعدل 2°م / دقيقة حتى درجة حرارة 600°م .

— بعد درجة حرارة 600°م تم تغير معدل الحريق إلى 6°م / دقيقة إلى

درجة حرارة النضج المختارة .

— ثم التثبيت عند درجة حرارة النضج النهائية لمدة 30 دقيقة .

## جداول الإحلالات ومواصفات التشغيل .

[0] – حلول المعادلة الأولية الأساسية بدون تعديل مع استخدام مصادر خامات متنوعة :-  
عند عمل حلول مختلفة للمعادلات الأولية الأساسية الخمسة المستخدمة في البحث من خلال  
استخدام مصادر مختلفة للخامات في كل حل ، وتم الحصول على (43) عينة هي كالآتي :-

جدول رقم [ 0 ]

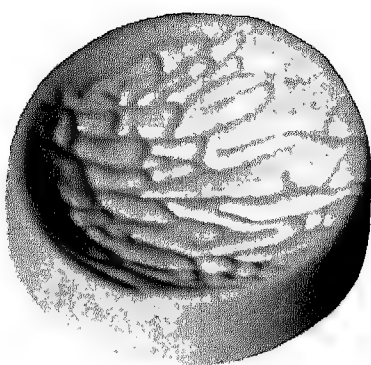
المجموعة	العينات التي تعبّر عن المعادلة	درجة الحرارة	معامل التمدد الحراري $\times 10^{-7}$	رقم العينة الناجحة	رقم الشكل
هـ	من 10:1 هـ	1230 °م	66.679	—	—
جـ	من 5:1 جـ	1200 °م	66.728	2	شكل (1-0)
ب	من 8:1 ب	1140 °م	68.957	7,3,2	شكل (4,3,2)0
أ	من 10:1 أ	1100 °م	70.577	6	شكل (5-0)
د	من 10:1 د	1100 °م	71.208	6,1	شكل (7,6)-0

– الخامات التي أدى وجودها إلي الحصول على نتائج جيدة للبحث في هذه المجموعة من  
التجارب هي على الترتيب : - كربونات البوتاسيوم ، البوراكس ، الألبيت ، الفلدسبار  
البوتاسيوم ، كربونات المغنيسيوم .  
– وقد تم اعتبار معاملات التمدد الحراري للعينات في هذا الجدول مقياس يحسب عليه مقدار  
الزيادة والنقصان في معاملات التمدد الحراري للعينات في الإحلالات الأخرى .  
– مواصفات التشغيل لبعض العينات الناجحة بالجدول رقم [0] .

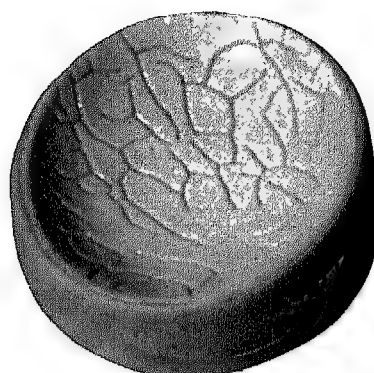
رقم العينة الناجحة	وزن الراسب بالجرام لكل لتر	وزن اللتر بالجرام
2 جـ	0.5	1592
2 ب	0.6	1565
7 ب	0.7	1566
6 أ	0.4	1540
6 د	0.3	1500



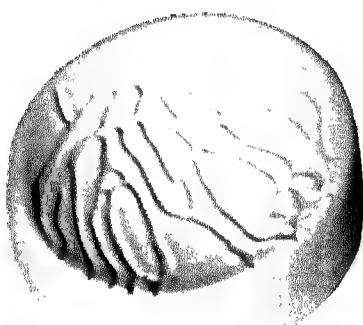




(2-0)



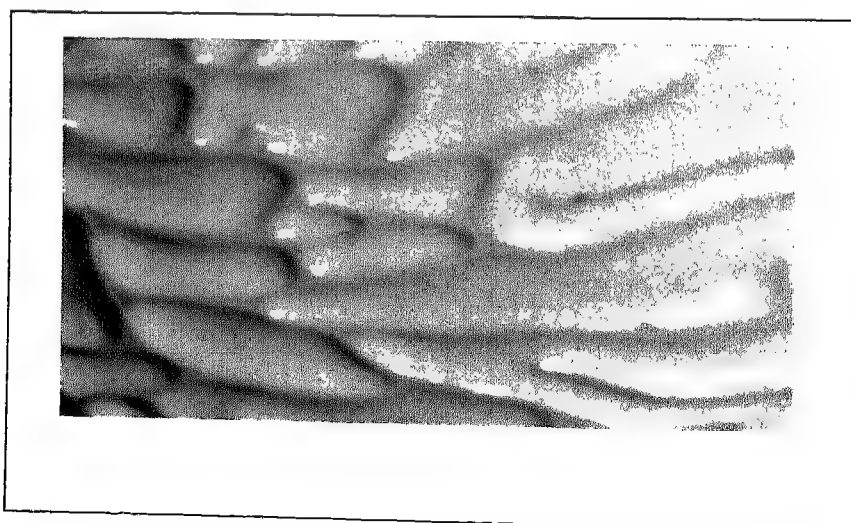
(1-0)



(4-0)

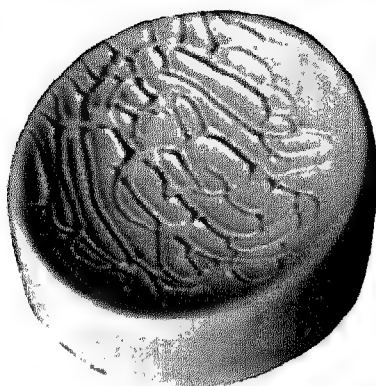


(3-0)



نموذج مكبر يوضح تأثير التجميع في العينة ( 2 ب) شكل (2-0) بدون أي تعديل

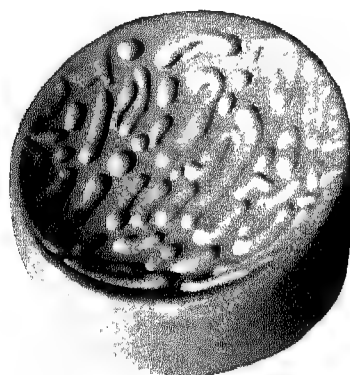




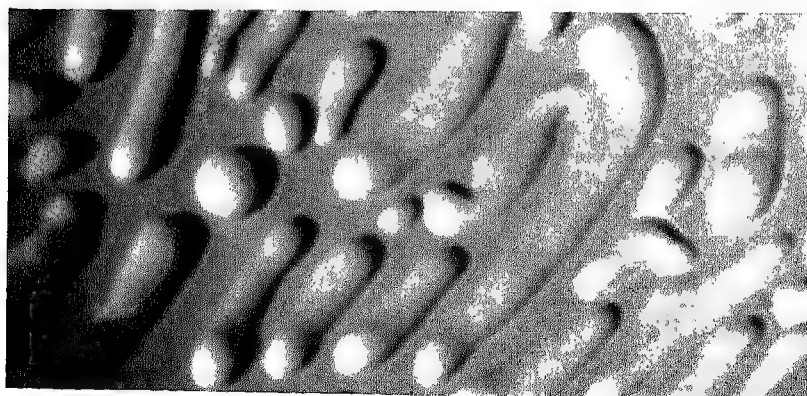
(6-0)



(5-0)



(7-0)



نموذج مكبر يوضح تأثير التخريز في العينة ( 6 د ) شكل (7-0) بدون أي تعديل



إحلال أكاسيد ( $R_2O$ ) بدلاً من ( $RO$ ) في المجموعة القاعدية ، أو التغير الكامل في نسب

أكاسيد المعادلة الجزيئية التكافؤية وتتضمن الآتي :-

[1] - إحلال أكسيد الصوديوم محل أكسيد الكالسيوم والعكس .

يعبر عن هذا الإحلال ( 13 ) عينة هي كالآتي :-

جدول رقم [ 1 ]

المجموعة	العينات التي تعبر عن المعادلة	درجة الحرارة	معامل التمدد الحراري $\alpha \times 10^{-7}$	رقم العينة الناجحة	رقم الشكل
هـ	15,14	$1230^\circ \text{م}$	81.380	15,14	شكل (1-1)
جـ	22,9,8	$1200^\circ \text{م}$	80.503	22,9	شكل (1-3)
ب	26,10	$1140^\circ \text{م}$	80.938	10	شكل (1-5)
أ	21,20,19,11	$1100^\circ \text{م}$	80.757	—	—
د	30,12	$1100^\circ \text{م}$	80.340	12	شكل (1-6)

— هذا الإحلال يعنى مضاعفة أكسيد الصوديوم على حساب أكسيد الكالسيوم أضعافاً تبدأ

بحوالى 0.5 ضعف فى المجموعة ( د ) وتنتهى بحوالى 50 ضعف فى المجموعة هـ .

ومن المعروف أن أكسيد الصوديوم عنصر له معامل تمدد حرارى عالى جداً (10.0) مقارنة

بأكسيد الكالسيوم (4.4) ، وزيادة فى هذه المجموعة من العينات أدت إلى الحصول على نتائج

جيدة من التجميع ، وجاءت معاملات التمدد الحراري لكل العينات متقاربة جداً من بعضها -

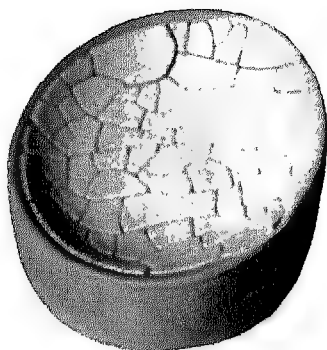
تكاد تكون قيمة واحدة تقريباً- وأعلى من معاملات التمدد للمعادلات الأولية الأساسية غير

المعدلة بالجدول رقم (0) ويعتبر هذا الإحلال من أنجح الإحلالات التي تمت فى البحث .

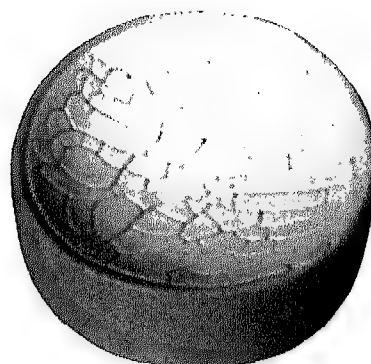
— مواصفات التشغيل لبعض العينات الناجحة بالجدول رقم [1] .

رقم العينة الناجحة	وزن الراسب بالجرام لكل لتر	وزن اللتر بالجرام
14 هـ	1.0	1593
15 هـ	0.5	1552
22 جـ	0.4	1605
12 د	0.6	1526

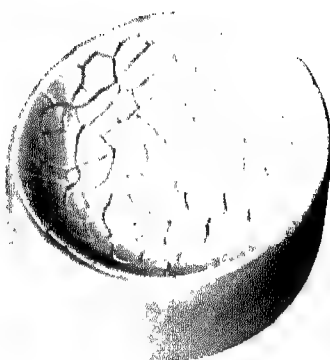




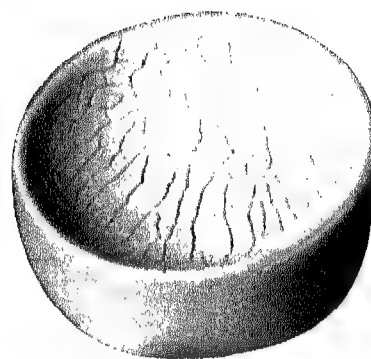
(2-1)



(1-1)



(4-1)



(3-1)



(6-1)



(5-1)





## 2 - إحلل أكسيد الصوديوم محل أكسيد البوتاسيوم والعكس .

يعبر عن هذا الإحلل ( 5 ) عينات كالتى :-

جدول رقم [ 2 ]

المجموعة	العينات التى تعبر عن المعادلة	درجة الحرارة	معامل التمدد الحرارى $\times 10^{-7}$	رقم العينة الناجحة	رقم الشكل
هـ	16	$1230^{\circ}\text{م}$	64.721	—	—
جـ	11,10	$1200^{\circ}\text{م}$	65.128	11,10	شكل (2-1)
ب	11	$1140^{\circ}\text{م}$	68.228	—	—
أ	—	$1100^{\circ}\text{م}$	—	—	—
د	13	$1100^{\circ}\text{م}$	71.690	—	—

— أكسيد الصوديوم له أعلى معامل تمدد حرارى بالنسبة لكل الأكاسيد المكونة للطلاء يليه أكسيد البوتاسيوم والفارق بينهم ضئيل جداً . وبالتالي فإن هذا الإحلل لم يصنع فارقاً كبيراً عن المعادلة الأولية الأساسية ( 0 )

ومن الخامات التى كان لها أثر فى الحصول على نتيجة فى هذا الإحلل :- الألبيت ، حامض البوريك ، الدولوميت ، كربونات البوتاسيوم ، وجاءت معاملات التمدد الحرارى للعينات أقرب ما تكون لمعاملات التمدد الحرارى بالجدول رقم ( 0 ) .

— وبالرغم من أن نسبة كلا الأكسجين إلى الآخر فى المجموعة ( د ، أ ، ب ) تقترب من بعضها بدرجة كبيرة ، نجد أن الفارق يعتبر كبير فى المجموعة ( جـ ، هـ ) . وإن لم يصنع الاختلاف فى معاملات التمدد بين الأكسجين نتيجة ملحوظة فى النسب الصغيرة إلا أنه فى النسب الكبيرة قد أدى إلى الحصول على نتيجة فى المجموعة ( جـ ) .

مواصفات التشغيل للعينات الناجحة بالجدول رقم [2].

رقم العينة الناجحة	وزن الراسب بالجرام لكل لتر	وزن اللتر بالجرام
10 جـ	0.3	1571
11 جـ	0.3	1589

### 3- زيادة نسبة أكسيد الصوديوم وتغيير نسب كل الأكاسيد تبعاً لذلك .

يعبر عن هذا الإحلال ( 10 ) عينات كالاتى : —

جدول رقم [ 3 ]

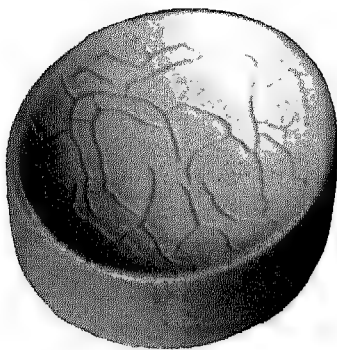
المجموعة	العينات التى تعبر عن المعادلة	درجة الحرارة	معامل التمدد الحراري X 10 <sup>-7</sup>	رقم العينة الناجحة	رقم الشكل
هـ	17	1230 °م	66.944	—	—
جـ	13,12	1200 °م	69.660	—	—
ب	12	1140 °م	73.902	12	شكل (1-3)
أ	13	1100 °م	78.433	—	—
د	18,17,16,15,14	1100 °م	80.825	18,17	شكل (3,2)

— كما سبق فإن زيادة أكسيد الصوديوم تساعد على ظهور التجميع نظراً لأن له معامل تمدد حرارى عالى ، أما أكسيد البورون فله تأثير مقاوم للتشقق إلا إذا زادت نسبته عن 15 % فإن تأثيره ينعكس .

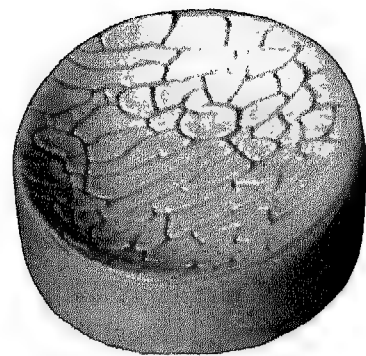
— فى هذا الإحلال فإن أكسيد الصوديوم يتضاعف حوالى مرتين فى كل مجموعة بينما تنخفض نسبة أكسيد البورون . ونجد أن معظم العينات قد أعطت مؤشر ولو طفيف لحدوث التجميع نظراً لزيادة الصوديوم فيها هذا بخلاف العينات التى أعطت نتائج جيدة فى المجموعة (ب ، د) .

— زادت معاملات التمدد الحراري فى هذا الإحلال زيادة طفيفة فى المجموعة (هـ ، جـ) عن مثيلتها فى الجدول (0) بينما فى المجموعة (ب ، أ ، د) تعتبر الزيادة كبيرة نسبياً مما أدى إلى الحصول على نتائج أفضل فى المجموعة الأخيرة عنها فى الأولى .  
— مواصفات التشغيل لعينة من العينات الناجحة بالجدول رقم [3] .

رقم العينة الناجحة	وزن الراسب بالجرام لكل لتر	وزن اللتر بالجرام
12ب	0.7	1578



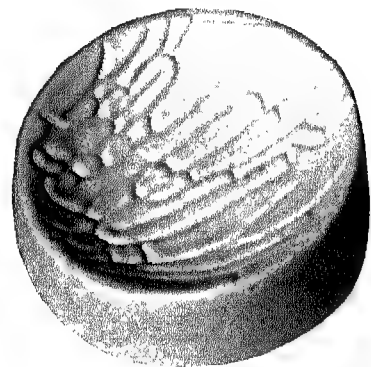
(2-2)



(1-2)



(2-3)



(1-3)



(3-3)



#### 4 - إحلل أكسيد الصوديوم محل أكسيد الماغنسيوم والعكس.

يعبر عن هذا التعديل ( 5 ) عينات كالتالي : -

جدول رقم [ 4 ]

المجموعة	العينات التي تعبر عن المعادلة	معامل التمدد الحراري $\times 10^{-7}$	درجة الحرارة	رقم العينات الناجحة
هـ	18	66.709	$1230^{\circ}\text{م}$	—
جـ	—		$1200^{\circ}\text{م}$	—
ب	13	69.493	$1140^{\circ}\text{م}$	—
أ	14	71.522	$1100^{\circ}\text{م}$	—
د	21,20,19	72.261	$1100^{\circ}\text{م}$	—

- نظراً لأن نسبة كلا من أكسيد الصوديوم وأكسيد الماغنسيوم في المعادلة الأولية

الأساسية تقترب من الأخرى فإن هذا التعديل لم يعطى إختلافاً ملحوظاً في معاملات

التمدد الحراري للعينات عن الجدول (0) ولم يعطى تأثيرات تخدم البحث .

#### 5- إحلل أكسيد البوتاسيوم محل أكسيد الكالسيوم ، أكسيد الكالسيوم محل أكسيد

الماغنسيوم ، أكسيد الماغنسيوم محل أكسيد البوتاسيوم

يعبر عن هذا الإحلل (11) عينة كالتالي : -

جدول رقم [ 5 ]

المجموعة	العينات التي تعبر عن المعادلة	درجة الحرارة	معامل التمدد الحراري $\times 10^{-7}$	رقم العينات الناجحة	رقم للشكل
هـ	20	$1230^{\circ}\text{م}$	74.543	—	—
جـ	18,17,16	$1200^{\circ}\text{م}$	75.450	16	شكل (1-5)
ب	25,21,20,19	$1140,1200^{\circ}\text{م}$	80.261	25,21	شكل (3,2)-5
أ	16	$1100^{\circ}\text{م}$	84.059	16	شكل (4-5)
د	26,25	$1100^{\circ}\text{م}$	86.010	25	شكل (5-5)

— فى المجموعة (هـ ، جـ) هذا الإحلال يعنى زيادة نسبة أكسيد البوتاسيوم ، إنخفاض نسبة أكسيد الكالسيوم ، زيادة نسبة أكسيد الماغنسيوم مقارنة بنسبة كل منهم فى المعادلة الأساسية ونظراً لزيادة كلاً من أكسيد البوتاسيوم والماغنسيوم فقد ظهر التجمع فى العينة ( 16جـ ) .

— المجموعة (ب) ينطبق عليها ما سبق من زيادة نسبة كلاً من أكسيد البوتاسيوم وأكسيد الماغنسيوم وعينات هذه المجموعة لم تتضج كلها فى درجة حرارتها المقررة لها ، ولكن نضجت فى درجة حرارة أعلى منها 1200° م ( 21ب ) وأعطت نتائج جيدة من التجميع ( ربما يرجع عدم نضجها فى درجة حرارتها إلى زيادة نسبة أكسيد الماغنسيوم والذى يعتبر حرارياً فى درجات الحرارة المنخفضة والمتوسطة مما جعل العينات حرارية وتحتاج إلى درجة حرارة أعلى )

— المجموعة (أ ، د) هذا الإحلال فيها يعنى زيادة نسبة أكسيد البوتاسيوم وإنخفاض نسبة أكسيد الكالسيوم وإنخفاض نسبة أكسيد الماغنسيوم وجاءت العينات بها تصدع وتجميع شيق والعينات شفافة .

زادت معاملات التمدد الحراري فى هذا الإحلال عنها فى الجدول (0) زيادة كبيرة ، وزادت أيضاً عنها فى الجدول (1) لبعض المجموعات (أ ، د ) بينما إنخفضت فى مجموعات أخرى (هـ ، جـ ، ب ) ولكنها بشكل عام كانت مؤثرة فى الحصول على نتائج جيدة وناجحة .

— مواصفات التشغيل لبعض العينات الناجحة بالجدول رقم [5] .

رقم العينة الناجحة	وزن الراسب بالجرام لكل لتر	وزن اللتر بالجرام
16 جـ	0.3	1563
21 ب	0.2	1601
16 أ	1.2	1552
25 د	1.2	1523

## 6- تغيير نسب كل الأكاسيد .

يعبر عن هذا الإحلال (12) عينة كالاتى : -

جدول رقم [ 6 ]

المجموعة	العينات التى تعبر عن المعادلة	درجة الحرارة	معامل التمدد الحرارى $10^{-7} \times$	رقم العينة الناجحة	رقم الشكل
هـ	19	$1230^{\circ} \text{م}$	54.390	—	—
جـ	15, 14	$1200^{\circ} \text{م}$	60.028	—	—
ب	16, 15, 14 18, 17	$1140^{\circ} \text{م}$	69.978	17	شكل (1-6)
أ	15	$1100^{\circ} \text{م}$	79.955	—	—
د	24, 23, 22	$1100^{\circ} \text{م}$	85.537	—	—

— فى المجموعة (هـ ، جـ) هذا الإحلال يعنى زيادة أكسيد البورون بينما تتخفض نسبة أكسيد البوتاسيوم ونظراً لأن أكسيد البورون يقلل تمدد الطلاء فإنه يقاوم حدوث تأثيرات فى طبقة أطلاء ولذا جاءت العينات فى هاتين المجموعتين خالية من أى تأثير .

— فى المجموعة (ب ، أ ، د) هذا الإحلال يعنى زيادة أكسيد البوتاسيوم بينما تتخفض نسبة أكسيد البورون ونظراً لأن أكسيد البوتاسيوم له معامل تمدد حرارى مرتفع فإن زيادته تؤدي إلى ظهور نتائج جيدة كما فى العينة (17 ب) وجاءت بعض العينات الأخرى بها مؤشر لنتيجة جيدة فى المجموعة (ب ، د) .

— تأرجحت معاملات التمدد الحرارى للعينات فى هذا الإحلال بين الزيادة والنقصان عنها فى الجدول (0) ، ولكن العينة التى أعطت نتيجة جيدة فى (المجموعة ب) بها استقرار نسبي فى قيمة معامل التمدد الحرارى ، ومن ثم تكون الخامات المستخدمة فى هذه العينات هي العامل المؤثر سلباً أو إيجاباً .

— مواصفات التشغيل للعينة الناجحة بالجدول رقم [6]..

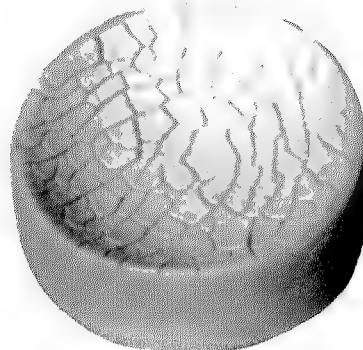
وزن الراسب بالجرام لكل لتر	وزن اللتر بالجرام	رقم العينة الناجحة
0.2	1518	17 ب



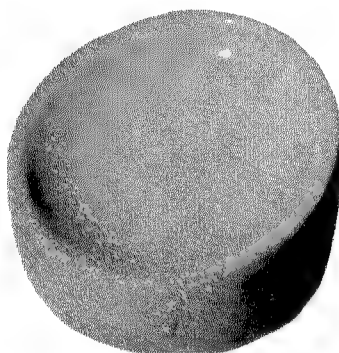




(2-5)



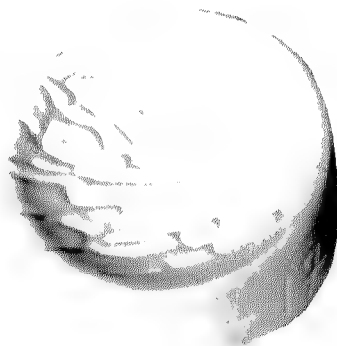
(1-5)



(4-5)



(3-5)



(1-6)



(5-5)



7- إحلال أكسيد البوتاسيوم محل أكسيد الماغنسيوم وبالعكس .  
 يعبر عن هذا الإحلال (8) عينات هي كالآتي : —

جدول رقم [ 7 ]

المجموعة	العينات التي تعبر عن المعادلة	درجة الحرارة	معامل التمدد الحراري $10^{-7} \times$	رقم العيينة الناجحة
هـ	13,12,11	1230 °م	54.888	—
جـ	7,6	1200 °م	57.305	—
ب	9	1140 °م	65.173	—
أ	12	1100 °م	71.874	—
د	11	1100 °م	75.400	—

— في المجموعة هـ ، جـ ، ب هذا الإحلال يعنى زيادة نسبة أكسيد الماغنسيوم على حساب أكسيد البوتاسيوم ونظراً لأن الفعل الصهار لأكسيد البوتاسيوم يفوق الفعل الصهار لأكسيد الماغنسيوم فجاءت العينات في المجموعة هـ ، جـ غير ناضجة نهائياً ، أما في المجموعة ب فنظراً لأن الفارق بين نسبة كلاً من الأكسيدين يعتبر صغيراً فكان هذا الإحلال غير مؤثر بشكل كبير .

— في المجموعة أ ، د هذا الإحلال يعنى زيادة نسبة أكسيد البوتاسيوم على حساب أكسيد الماغنسيوم ولذا فقد كانت العينات ناضجة ،  
 — إنخفضت معاملات التمدد الحراري في المجموعة (هـ ، جـ ، ب) عنها في الجدول (0)  
 ، بينما زادت في المجموعة (أ ، د) زيادة غير مؤثرة .  
 والعينات بشكل عام في هذا الإحلال لم تعطى أى تأثير إيجابى لصالح البحث .

8- زيادة نسبة أكسيد البوتاسيوم وتغيير نسب كل الأكاسيد تبعاً لذلك .

ويعبر عن هذا الإحلال (6) عينات كالاتى :

جدول رقم [ 8 ]

المجموعة	العينات التى تعبّر عن المعادلة	درجة الحرارة	معامل التمدد الحرارى $\times 10^{-7}$	رقم العيينة الناجحة	رقم الشكل
هـ	21	1230° م	78.153	—	—
جـ	20,19	1200° م	81.072	20,19	شكل (8-1,2)
ب	22	1140° م	86.145	22	شكل (8-3)
أ	17	1100° م	91.325	—	—
د	27	1100° م	94.159	—	—

— هذا الإحلال يعنى زيادة نسبة كلاً من أكسيد البوتاسيوم ، وأكسيد الصوديوم بينما تنخفض نسبة كلاً من أكسيد الكالسيوم ، وأكسيد البورون ، أى زيادة نسبة عناصر لها معاملات تمدد حرارى عالى ، وانخفاض نسبة عناصر معاملات تمددها أقل ، وهذا من شأنه أن يؤدى إلى الحصول على نتائج جيدة تخدم البحث .

— فى المجموعه (هـ ، ج ، ب) جاءت النتائج ذات إنصهار ولمعان عالى عالى ( نظراً لزيادة الصوديوم والبوتاسيوم وهى عناصر لها فعل صهر عالى ) وفى المجموعه (ج ، ب) ظهرت نتائج تصدع وتجمع شيقة ، بينما فى المجموعه (أ ، د) لم تنتضج العينات نهائياً ومن المرجح أن ذلك يرجع إلى إستخدام الفلدسبارات كمصادر لأكاسيد الصوديوم والبوتاسيوم وعند زيادة كمياتها فى العينات جعلتها حرارية وتحتاج إلى درجة حريق أعلى من الدرجة المحددة لها .

— زادت معاملات التمدد الحرارى لكل العينات زيادة كبيرة جداً ولكنها لم تظهر فى نتائج جيدة إلا من خلال المجموعه (جـ ، ب)

— مواصفات التشغيل لبعض العينات الناجحة بالجدول رقم [8] .

رقم العينة الناجحة	وزن الراسب بالجرام لكل لتر	وزن اللتر بالجرام
19 جـ	0.6	1581
20 جـ	0.7	1595
22 ب	0.4	1604

9- زيادة نسبة أكسيد الصوديوم وتقليل نسبة أكسيد الكالسيوم وتغيير نسبة كل الأكاسيد تبعاً لذلك .

ويعبر عن هذا الإحلال (7) عينات كالآتي :

جدول رقم [ 9 ]

المجموعة	العينات التي تعبّر عن المعادلة	درجة الحرارة	معامل التمدد الحراري X $10^{-7}$	رقم العيينة الناجحة	رقم الشكل
هـ	—	1230 °م		—	—
جـ	—	1200 °م		—	—
ب	24,23	1140 °م	61.205	24	شكل (9-1)
أ	18	1100 °م	72.116	18	شكل (9-2)
د	29,28	1100 °م	78.079	28	شكل (9-3)

— فى المجموعة (ب) هذا الإحلال يعنى زيادة نسبة أكاسيد كلاً من البورون والمغنسيوم والصوديوم ، وإنخفاض نسبة أكاسيد كلاً من البوتاسيوم والكالسيوم ، وكانت أعلى زيادة فى نسبة أكسيد البورون وقد جاءت النتيجة جيدة فى العينة (24ب) .

— فى المجموعة (أ ، د) هذا الإحلال يعنى زيادة نسبة أكاسيد كلاً من البورون والبوتاسيوم والصوديوم ، وإنخفاض نسبة أكاسيد كلاً من المغنسيوم والكالسيوم . وقد جاءت العينات فى هذه المجموعة جيدة وبها تأثير التجميع ، نظراً لأن الزيادة فى نسبة أكسيد البورون كانت تصاحبها زيادة فى أكسيد الصوديوم والبوتاسيوم أو أكسيد الصوديوم والمغنسيوم مما أدى إلى حدوث توازن بين الأكاسيد ذات التمدد المنخفض والأكاسيد ذات التمدد العالى مما ساعد فى الحصول على نتائج جيدة فى هذا الإحلال .

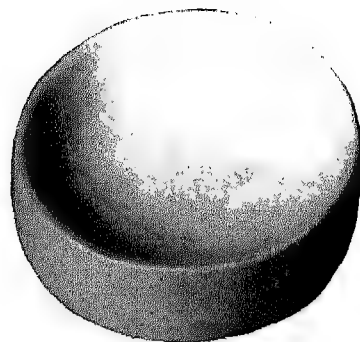
— مواصفات التشغيل لبعض العينات الناجحة بالجدول رقم [9].

رقم العينة الناجحة	وزن الراسب بالجرام لكل لتر	وزن اللتر بالجرام
24 ب	0.7	1509
18 أ	0.3	1523
28 د	0.4	1478

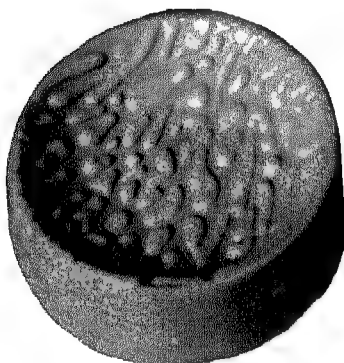




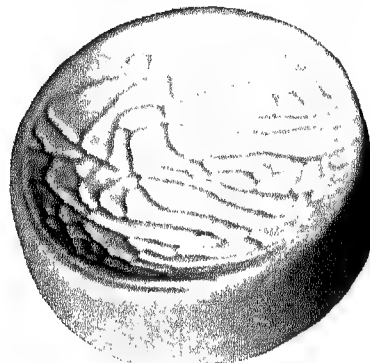
(2-8)



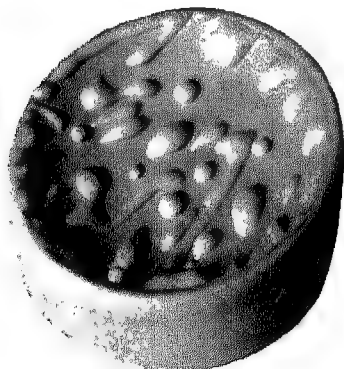
(1-8)



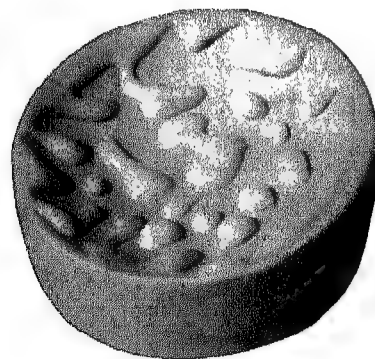
(1-9)



(3-8)



(3-9)



(2-9)





\*وقد تم استخدام إثنتى عشرة مادة خام خلال تنفيذ البرنامج التطبيقى لمجال البحث . بعض المواد الخام كانت فى صورة فلد سبارات وبعضها الاخر فى صورة كربونات وهى تفصيلياً كما يلى:-

Percentage	Raw Material	Chemical Composition	المادة الخام
(19.7:0.45)	Borax	$\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	بوراكس
(13.6:0.25)	Boric Acide	$\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	حامض بوريك
(62.35:0.05)	Albite Soda	$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$	فلدسبار صوديومي
(66.45:1.25)	Orthoclase Potash	$\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$	فلدسبار بوتاسيومي
(5.05:0.01)	Sodium Carbonate	$\text{Na}_2\text{CO}_3$	كربونات صوديوم
(11.90:0.1)	Calcium Carbonate	$\text{CaCO}_3$	كربونات كالسيوم
(14.1:0.15)	Potassium Carbonate	$\text{K}_2\text{CO}_3$	كربونات بوتاسيوم
(8.4:0.1)	Magnesium Carbonate	$\text{MgCO}_3$	كربونات ماغنيسيوم
(8.85:0.4)	Dolomite	$(\text{Ca Mg}) \text{CO}_3$	كربونات الكالسيوم و المغنيسيوم
(6.15:0.3)	Talc(Steatite)	$3\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	التلك (الاستيائيت)
(32.1:0.2)	Kaolin	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	الكاولين
(53.1:11.7)	Quartz	$\text{SiO}_2$	الكوارتز

— شكل الكوارتز أعلى نسبة فى التركيبات الوزبية لمعظم التجارب ثم تلاه نسبة الكاولين وشكلت نسبة كربونات الصوديوم أقل نسب المواد الخام إضافة .

التجربة التي تم استخدامها في التطبيقات النهائية التي تعبر عن نتائج البحث هي رقم (14هـ) والمعادلة الأساسية لها هي :-

RO		R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		RO <sub>2</sub>	
Na <sub>2</sub> O	0.685	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.693	SiO <sub>2</sub>	6.801
K <sub>2</sub> O	0.288			B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.020
CaO	0.013				
MgO	0.014				

— وهي من نتائج الإحلال رقم ( 1 ) والذي يتم فيه إحلال أكسيد البوتاسيوم محل أكسيد الصوديوم والعكس . شكل رقم ( 1 - 1 )

— الملمس الناتج في سطح الطلاء بدون استخدام أي ملونات هو التجميع ، وهذا الطلاء المتجمع معتم ولامع .

— الطلاء :- العينة 14هـ

— معامل التمدد الحراري للطلاء :-  $81.380 \times 10^{-7}$

— الجسم :- طينة الخزف الحجري ( الخاصة بالأدوات الصحية للشركة العامة للخزف والصيني ) .

— الشكل :- طبق طول نصف قطره 12.6 سم تقريباً .

— التشكيل :- الصب في قالب مصمت .

— التطبيق :- حرق واحدة للجسم الخام والطلاء الخام حتى درجة حرارة 1230 م .

— النتيجة :- طبق مطلي بطلاء زجاجي ذو ملابس متنوعة كما توضح الأشكال المصورة

— البالته اللونية المستخدمة هي :-

1-اللون الأبيض :- الطلاء المستخدم بدون أي إضافات

2-اللون الأزرق :- الطلاء الأبيض +1% أكسيد كوبالت

3-اللون التركواز :- الطلاء الأبيض + 3 % صبغة ملونة تركوازية

4-اللون الأخضر :- الطلاء الأبيض + 3 % أكسيد نحاس

5-اللون الأحمر :- الطلاء الأبيض +3% أكسيد حديد

6-اللون العسلي الفاتح :- الطلاء الأبيض + 3% ثاني أكسيد المنجنيز

7-اللون العسلي الغامق :-خليط مكون من 38% من الطلاء العسليالأحمر (الملون باستخدام أكسيد الحديد) مع 62%من الطلاء العسلي الفاتح ( الملون باستخدام ثاني أكسيد المنجنيز)

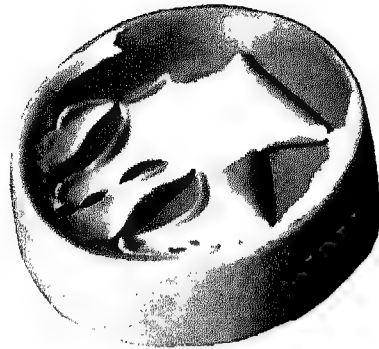
8-اللون الجنزاري (البترولي):-خليط مكون من 38% من الطلاء الأزرق (الملون باستخدام أكسيد الكوبالت) مع 62% من الطلاء الأخضر (الملون باستخدام أكسيد النحاس) وعن طريق استخدام الملونات المختلفة تم الحصول علي مظاهر مختلفة للتجميع والبثور والتقوب الإبرية .

— وتوضح الأشكال من (10-1) إلى (10-5) بعض التجارب لتطبيق اللون فوق ، أوتحت الطلاء على نفس الطلاء ، وتوضح الملامس المختلفة التي يمكن الحصول عليها من خلال طرق التطبيق المتعددة .

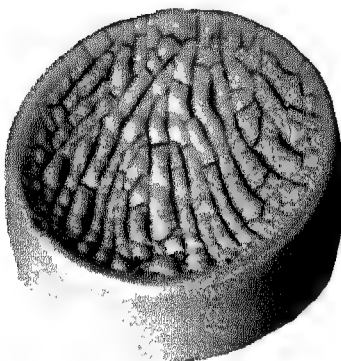




(10-2)



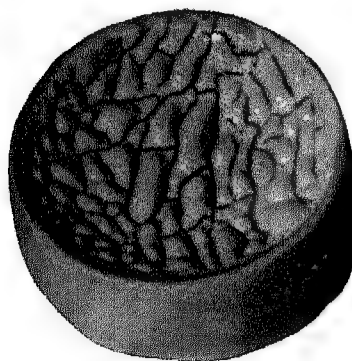
(10-1)



(10-4)



(10-3)



(10-5)



## ثالثاً:- التطبيقات الفنية





## النتائج الفنية للبحث

### • تطبيق (1)

تظهر الألوان التركوازي والأزرق والجنزاري والعسلي الغامق على هيئة مساحات متداخلة من اللون والملمس فتظهر التجميعات على هيئة مساحات مستقلة من التجميع في الأزرق والتركواز ، ونجدها أكثر تداخلاً في الأجزاء التي قد أستخدم لتلوينها أكاسيد المنجنيز والحديد والنحاس التي تعمل على زيادة إنصهار الطلاء وإلتصاق مساحات التجميع ببعضها البعض ، وتحمل هذه القطعة ملامس مختلفة من التجميع الواضح ذو المساحات المنفصلة ، والتجميعات المتلاصقة والتي قاربت على الإلتحام . وتظهر أيضاً مساحات التجميع السمكة التي تم التطبيق فيها باستخدام طلائين بلونين مختلفين فتظهر مساحة التجمع بلون وحواها لها لون آخر . مع وجود بعض البثور على قطع التجميع .

### • تطبيق (2)

تظهر الألوان متناسقة وجميلة من الأبيض والتركوازي والأزرق وكأنها قيم مختلفة للون واحد وهو الأزرق مع وجود مساحات يظهر فيها ظلال اللون الأزرق والتركواز مما ساعد على وجود الترابط اللوني مع الترابط في الملمس أيضاً ، وتظهر البقعة الحمراء عند حافة الطبق لتجعل هناك توازن في المساحات الفاتحة والقائمة مع وجود تجميع منتفخ له حس مختلف ما بين المساحة المتجمعة والمساحة التي بها بثور وثقوب مما أدى إلي وجود ترابط جيد بين الملامس .

### • تطبيق (3)

يظهر التجميع والبثور على مساحات فاتحة وقائمة متجاورة مع وجود مساحات تتداخل فيها الألوان والملامس فيما بينها مع إختلاف حجم المساحات التي تعبر عن الملمس مما ساعد على ظهور الألوان والملامس جيداً بدون أن يطغى أحدهما على الآخر في الرؤية .

#### ● تطبيق (4)

يظهر التجميع بأشكال مختلفة خلال مساحة السطح فنجد أحياناً تجميعاً متفرقاً ومتباعداً ، وفي أحيان أخرى متلاحقاً ملتصقاً مع وجود آثار للخطوط التي تفصل بين أجزاءه ، ومرات أخرى على هيئة قطع منفخة وكأنها فقاع ستفجر ، ومرات على هيئة قطع بها فقاع قد انفجرت بالفعل ، مع وجود البثور والتقوب متداخلة ومجاورة لهذا التجميع وكأن هذه الملامس تسقط من بركان يغلي وتتساقب إحداها من الأخرى .

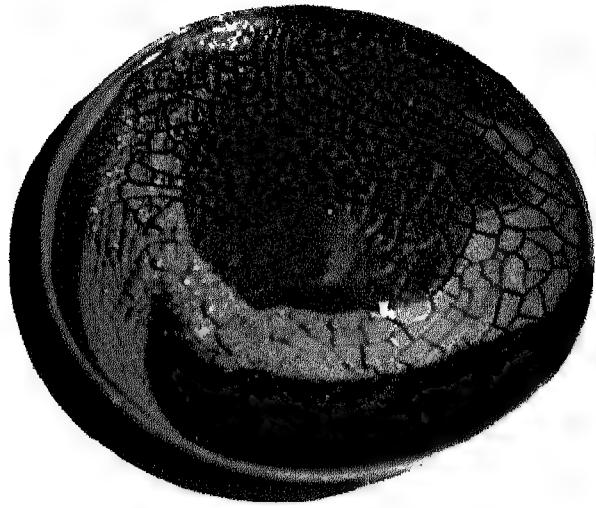
#### ● تطبيق (5)

يغلب على السطح الألوان القاتمة من الأزرق والأحمر متجاورة مع مساحة فاتحة من اللون التركوازي ، ويغلب التجميع على المساحة الكلية للطبق ونظراً لأن اللون التركوازي يعتبر مشتق من اللون الأزرق فقد ظهر الملمس على المساحة الكلية للطبق بشكل محايد مع اللون والتأثيرات اللونية للطبق .

#### ● تطبيق (6)

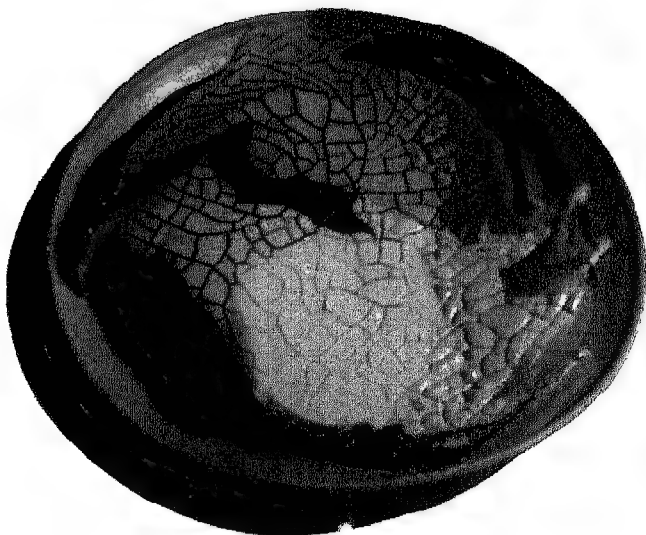
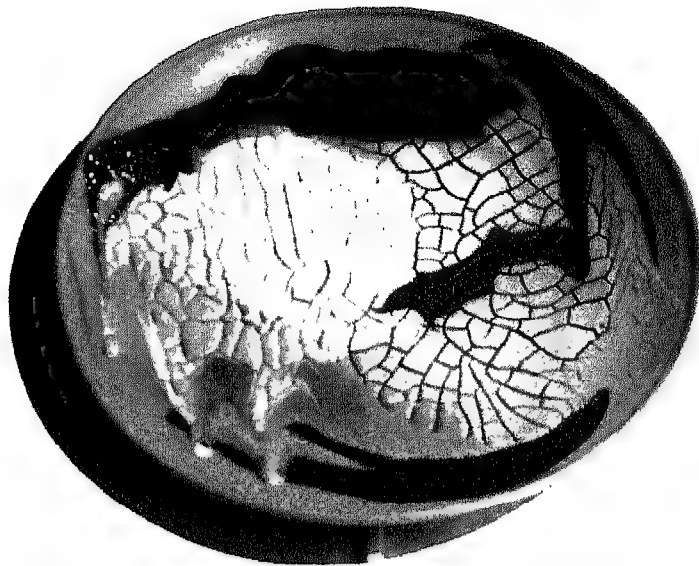
هناك وحدة في ملمس الطلاء وتضاد لوني واضح بين الأزرق القاتم والأبيض الناصع على مساحة الطبقة الكلية ونرى كل مساحة مستقلة بذاتها بدون تداخلات لونية فيما عدا بعض الظلال اللونية الزرقاء على المساحة البيضاء مما يزيدها سطوعاً ، وكذلك عند خطوط الإتصال بين الأزرق والأبيض نجد أن القطع الصغيرة التي تعطي ملمس التجميع النهائي في مناطق اتصال اللونين تجمع بين اللون الأبيض واضحاً مع الأزرق ، والأزرق واضحاً مع الأبيض أيضاً على نفس القطعة بشكل جيد من ناحية الرؤية الفنية .

ووجود التجميع على اللون الأبيض مجاوراً للتجميع على اللون الأزرق يظهر جمال الملمس على اللون الفاتح وعلى اللون القاتم أيضاً ، وإختلاف الإحساس الناتج عن كل منهما على حده ، مع تباين الرؤية للأجزاء الصغيرة والكبيرة للطلاء والتي تكون الملمس النهائي للقطعة من اللونين . التضاد اللوني مع الإتحاد في الملمس أعطى الملمس وجود قوى وكأنه يفرض نفسه على الملتقى .



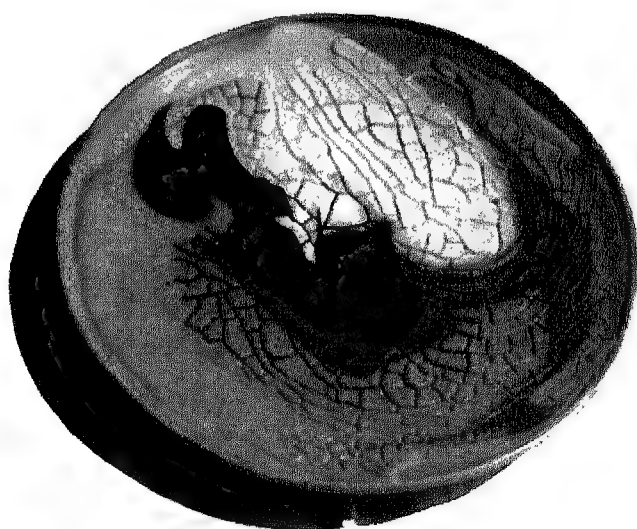
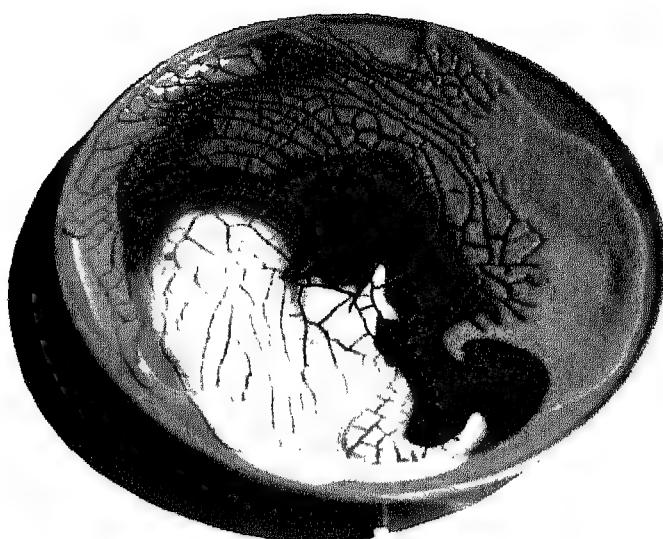
تطبيق (1)





تطبيق (2)

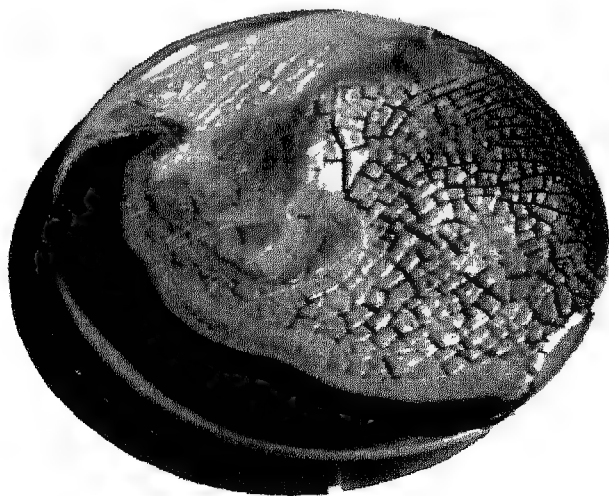




تطبيق (3)

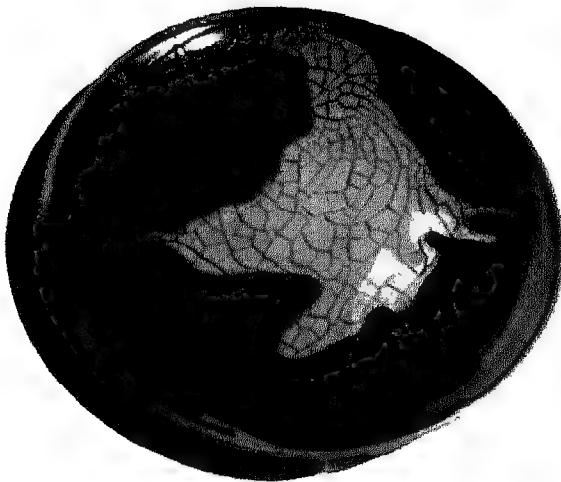
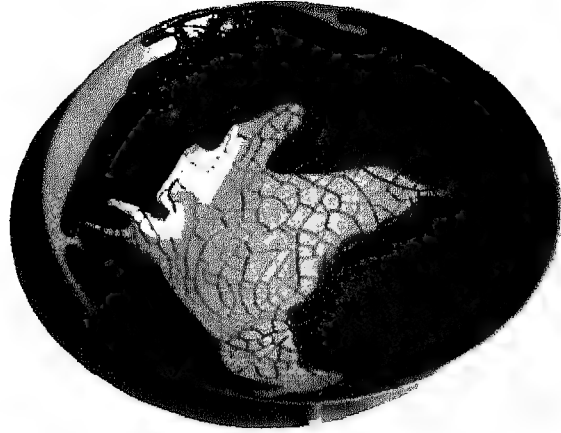






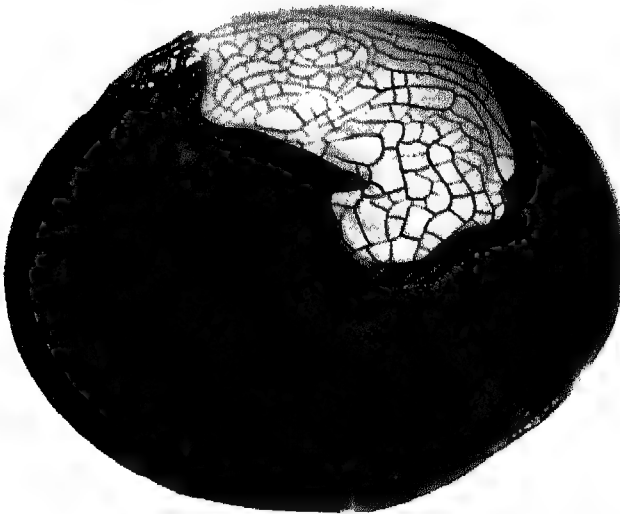
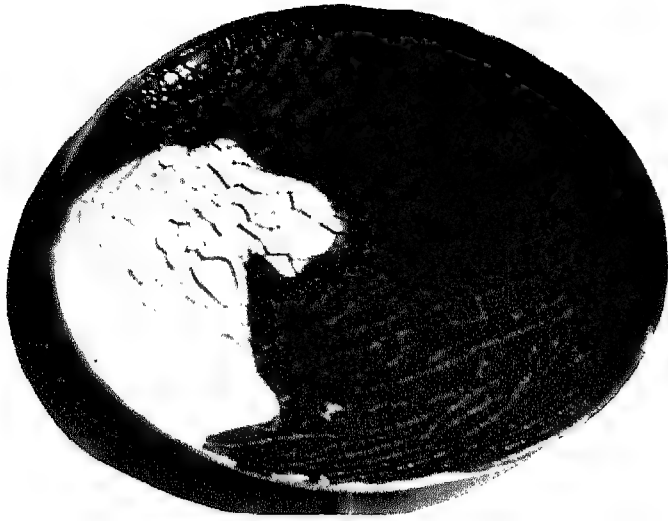
تطبيق (4)





تطبيق (5)





تطبيق (6)



### ● تطبيق (7)

يظهر التجميع بشكل متمركز في منتصف الطبق ومنتشراً بشكل دائري خلال المساحة الكلية له من خلال الطلاء الأبيض ، ويختلط به الطلاء العسلي الفاتح على جميع حواف الطبق منتناً بالتقوب الإبريه والحفر ، مع وجود مساحات يمتزج فيها هذا بذاك فخرى مساحة بيضاء بها تجميع ولكنه منتفخ قليلاً عن المساحة المستوية في منتصف الطبق ، مع إمتلاء الخطوط الفاصلة بين قطع الطلاء المتجمع بالطلاء العسلي .

ويرجع الإنتفاخ في بعض مساحات التجميع لوجود طبقة من الطلاء العسلي ( الملون بثاني أكسيد المنجنيز ) تحت طبقة الطلاء البيضاء المتجمعة .

### ● تطبيق (8)

تتدخل الألوان والملامس علي المساحة الكلية للطبق فنجد الألوان قد أوجدت خطأ خارجياً خاصاً بها بداخل الخط الخارجي الطبيعي للطبق، وشكل اللون الأزرق و الأبيض والتركوازي تداخلات لونية جيدة ومتناسقة تتحد في ملمسها وتحتوي بداخلها علي البثور التي زادت في منتصف الطبق لتشكل حفراً أعمق.

### ● تطبيق (9)

الملمس الغالب في معظم الطبق هو ملمس البثور والتقوب ويأتي التجميع كلمسة زخرفية نهائية عند حافة الطبق .

وكما جاءت الألوان الأساسية متمثلة في الأحمر والأزرق تجاورها الألوان الفرعية المنبثقة منها متمثلة في الجنزاري والعسلي الغامق ، جاءت الملامس أيضاً تعبر عن هذا الطابع فنجد التجميع يظهر في نهاية الطبق وكأنه منبثق من البثور أو العكس .

ونظراً لوجود كلاً من التجميع والبثور مع كل الألوان الموجودة تقريباً فقد ساعد ذلك على ظهور جمال الملامس متجاورة على نفس اللون كما ساعد على إيجاد ترابط من خلال الملمس بين المساحات كما يوجد ترابط لوني فيما بينها .

### ● تطبيق (10)

تظهر الألوان بدرجات فاتحة والملمس ذو سمك خفيف علي السطح.

### ● تطبيق (11)

التجميع في هذا الطبق يظهر برؤى مختلفة ، فنجد مساحة صغيرة في المنتصف باللون الأبيض ظهر بها التجميع مستوياً على السطح ، بينما نجده في مساحة أخرى قد إصطبغ بلون زيتوني فاتح بسبب وجود طبقة الطلاء الأخضر تحت الطلاء الأبيض نتج عنها تغير في اللون وتغير في الملمس أيضاً ، فنجد أن أجزاء التجميع في الطلاء الأبيض قد أصبحت متصلة ببعضها البعض عن طريق المصهور الزجاجي الأخضر كما أنها أصبحت أكثر التصاقاً ، وفي جزئية أخرى نرى طبقة خفيفة من الطلاء الأخضر قد غطت تجميعات الطلاء الأبيض وإنصهرت عليها مما أكسبها لوناً أخضراً وكان الأكسيد قد تم إضافته إلي الطلاء الأبيض قبل التطبيق ( من حيث تجانس اللون ) كما أن الأجزاء المكونة للملمس قد أصبحت أكثر استدارة عند حوافها وذات سطح متموج ونجدها على هيئة قطع مستقلة وكأنها قد انفصلت من تلك المساحة التي يوجد بها للتجميع على هيئة قطع ملتصقة من الطلاء .

وفي المناطق الخضراء نجد البثور موجودة بدرجات متفاوتة مع وجود تجميعات داخلية في المساحات الملونة نتيجة لوجود طبقة من الطلاء الأبيض الذي يتجمع على السطح غطتها طبقة أخرى من الطلاء الأخضر مما أدى إلي زيادة السمك مع وجود التجميع والبثور معاً .

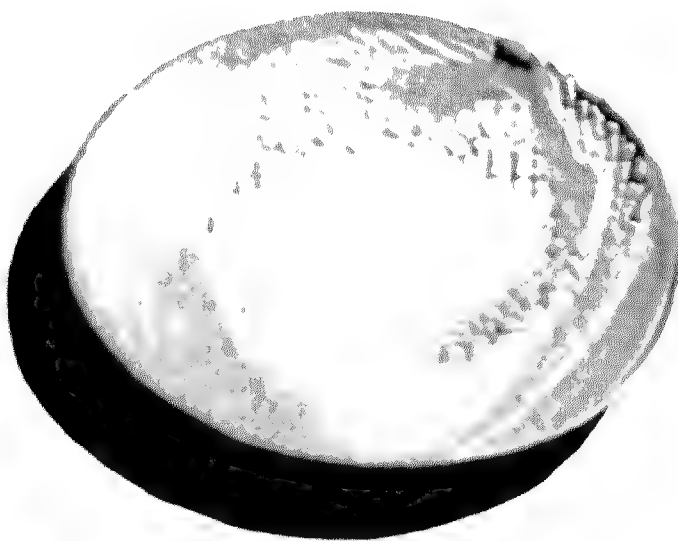
### ● تطبيق (12)

توجد ملابس متنوعة ومختلفة على الطبق كما توجد ألوان مختلفة أيضاً عليه ، فنجد اللون الأبيض والتركوازي متجاوران في ملمس واحد وهو التجميع ويجاورهما اللون الأزرق أيضاً في نفس الملمس ، اللون التركوازي والأزرق يختلط بهما اللون الأبيض مما يعطي تجزيات خفيفة .

يشغل اللون العسلي الفاتح مساحة كبيرة من الطبق وهو ذو ملمس به حفر وتقوب إيرية ونجده وكأنه يحتضن البقعة الخضراء المجاورة له ويمتزج اللونان في منطقة إتصالهما كما يمتزج الملمس فيها أيضاً حيث أن اللون الأخضر به بثور خفيفة واللون العسلي به تقوب وحفر .

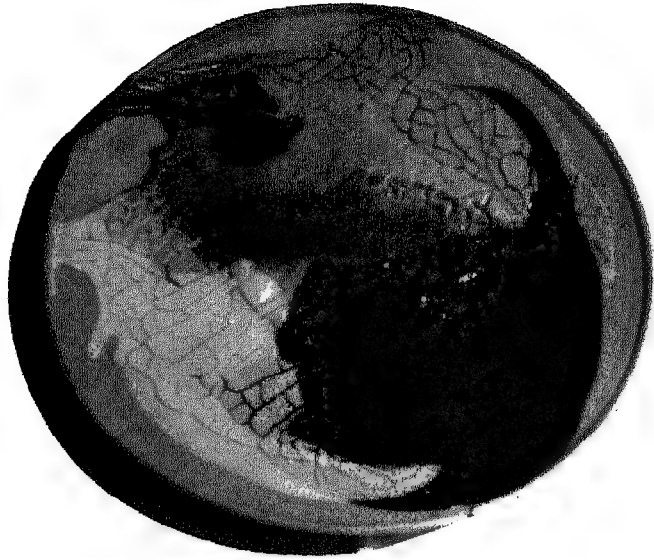
وعند حواف الطبق نجد أن اللون العسلي ذو التقوب يظهر محمولاً على تجميعات من اللون الزيتوني في جهة وتجميعات من اللون التركوازي في جهة أخرى مما يؤدي إلى وجود علاقات ملامسية منسجمة .





تطبيق (7)





تطبيق (8)





تطبيق (9)





تطبيق (10)







تطبيق (11)



تطبيق (12)



### • تطبيق (13)

تظهر الألوان كمساحات منفصلة تقريباً علي الخلفية، وتتميز المساحة ذات اللون الأحمر بإستراجها مع اللون الأبيض لتعطي درجات لونية متعددة مع وجود التجميع في هذه المساحة علي هيئة نقطة مركزية ينتشر منها التجميع خارجاً إلي حواف الطبق.

### • تطبيق (14)

تختلف رؤية هذا التطبيق عن باقي التطبيقات نظراً لإختلاف طريقة تطبيق الطلاء ويعتبر التأثير اللوني أوضح من الملمس في هذا التطبيق فيما عدا بعض الإنتقاعات في الطلاء أكسبته ملمساً متميزاً

### • تطبيق (15)

يظهر الطلاء الأحمر ذو البثور على مساحة كبيرة من الطبق بينما يظهر الطلاء الأبيض المتجمع على هيئة لمسات صغيرة على أطرافه ، وعلى حوالي ثلث الطبق يظهر التجميع مغطى بالبثور الحمراء وقد نتج هذا التأثير عن إمتصاص الجسم لطبقة من الطلاء الأبيض أثناء التطبيق تم تغطيتها بطبقة خفيفة من الطلاء الأحمر مما جعل التأثير المتجمع يظهر كخلفية للبثور. وتتحقق القيمة على السطح الخزفي السابق من خلال إختلاف الدرجات اللونية وتداخلها مع بعضها في إطار فني راق .

### • تطبيق (16)

الملمس الكلي للطلاء هو تجميع متجانس من اللون الأبيض والتركواز ويشغل اللون التركوازي مساحات متفرقة وكبيرة بينما يظهر اللون الأبيض كمساحة واحدة تملأ الفراغات بين الأجزاء الملونة مع وجود سحبات تركوازية على المساحة البيضاء تعمل على ترابط المساحة الكلية للون .

وعلى القطع الصغيرة المكونة للملمس نجد أن بعضها يحمل اللونين معاً فنجد قطعة واحدة بيضاء اللون وبها شريط تركوازي أو على حافتها لمسة خفيفة تركوازية اللون كما لو أن ذلك تم باستخدام فرشاة دقيقة للحصول على هذا التأثير ، كما نجد العكس أي قطعة تركوازية اللون عليها لمسات خفيفة من اللون الأبيض ، مما أدى إلى وجود درجات لونية مختلفة تترى للرؤية العامة للطبق .

### ● تطبيق (17)

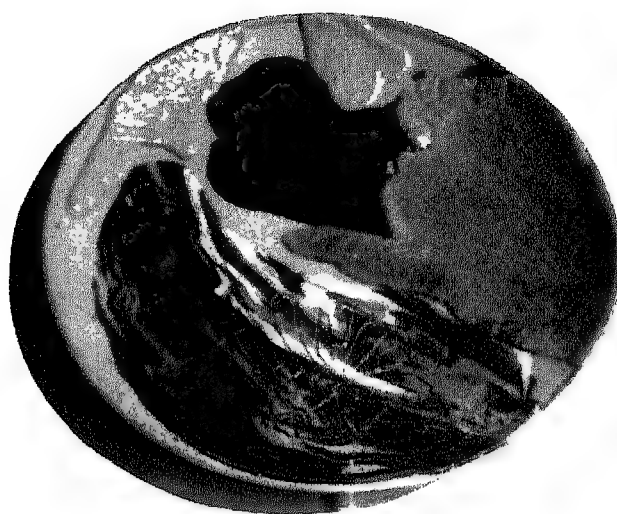
تمتزج الألوان وتتداخل الملامس بشكل شيق ويظهر التجميع الواسع والضيق خلال الطبق مما يضفي للتطبيق تنوعاً مختلفاً والمساحة التي يظهر بها اللون الأحمر ممتزجاً باللون الأبيض عند حافة الطبق قد شكلت خطأ خارجياً متميزاً من ناحية التأثير اللوني .

### ● تطبيق (18)

يظهر التجميع مع الدرجات اللونية المختلفة شيقاً وجميلاً ، فنجد أن الأجزاء الصغيرة المكونة لملمس الطلاء كل منها منفرداً في الدرجات اللونية الخاصة به مع وجود ترابط لوني بين المجموع الكلي لهذه الأجزاء والذي يعطي ملمساً نهائياً له نفس الخطوط المنحنية الموجود في المساحات اللونية والتي تؤكد الخط الأساسي للشكل ( الطبق ) الذي يعتبر خلفية لتلك اللوحة الفنية اللونية الملامسية .

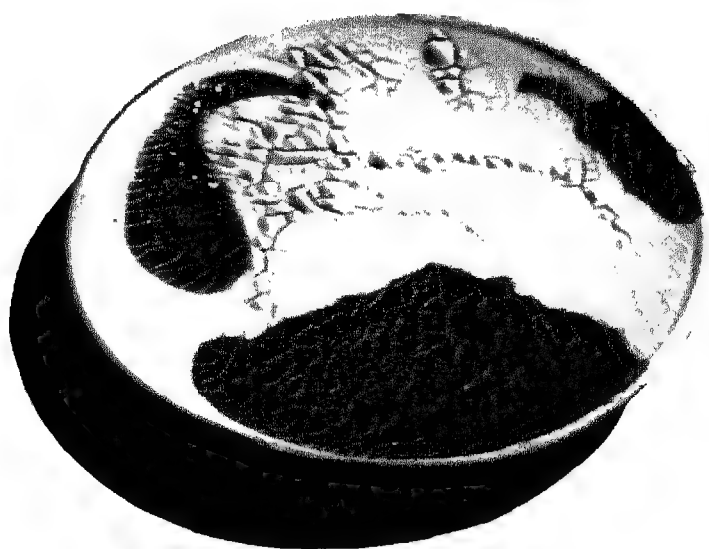
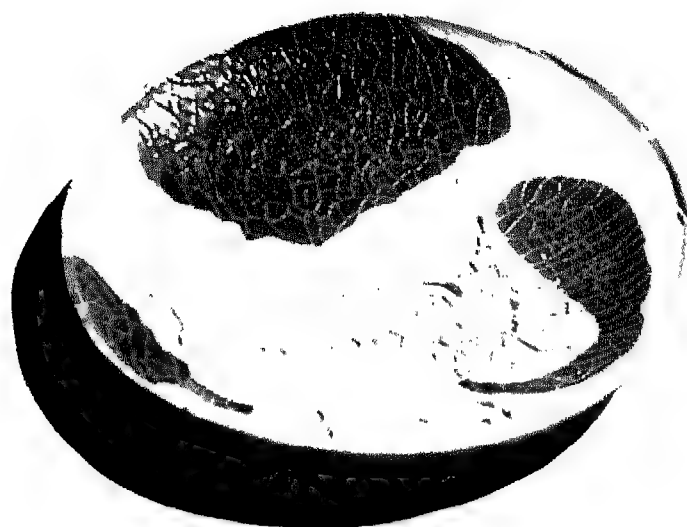
### تطبيق (19)

يتأرجح الملمس العام للطبق بين التجميع الواضح تارة وبين البثور والتقوب تارة أخرى ، كما انه يتأرجح بين الألوان الواضحة القوية تارة وبين الألوان المركبة المتوسطة تارة أخرى. ونجد على أحد أطراف الطبق مساحة لونية زرقاء ذات تأثير متجمع يقابلها في الناحية الأخرى من الطبق مساحة لونية حمراء ذات بثور وفي المنتصف بينهما درجات من اللون والملمس تعبر عن هذا وذاك .



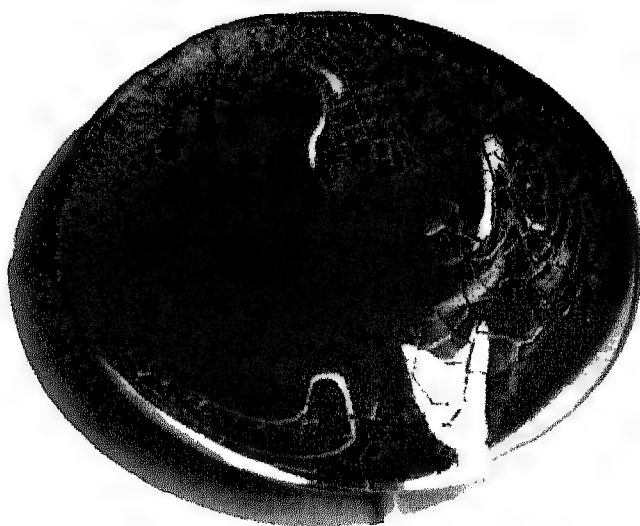
تطبيق (13)





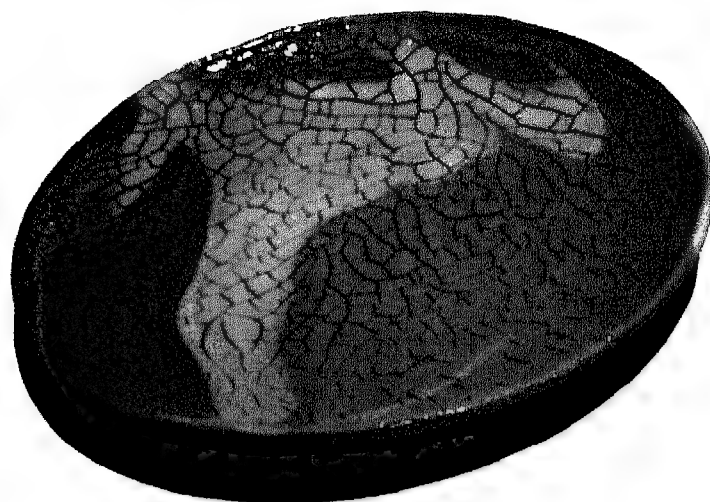






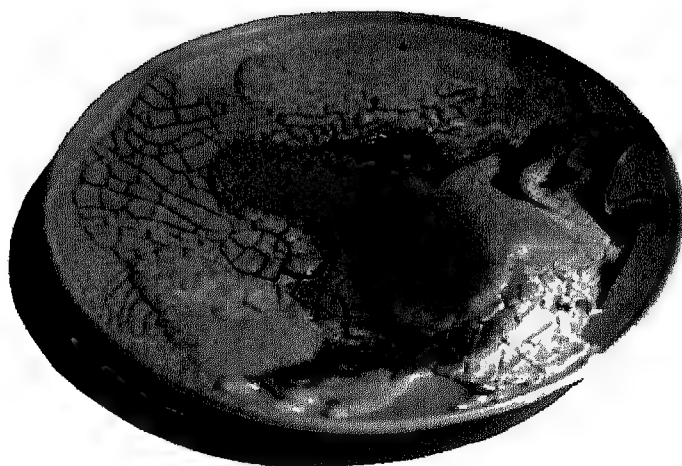
تطبيق (15)





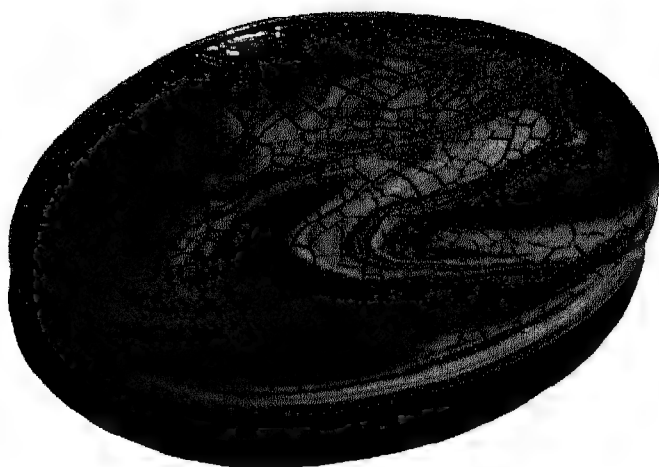
تطبيق (16)





تطبيق (17)

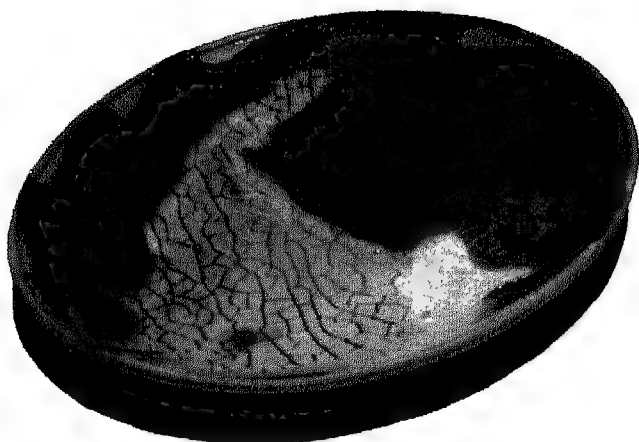
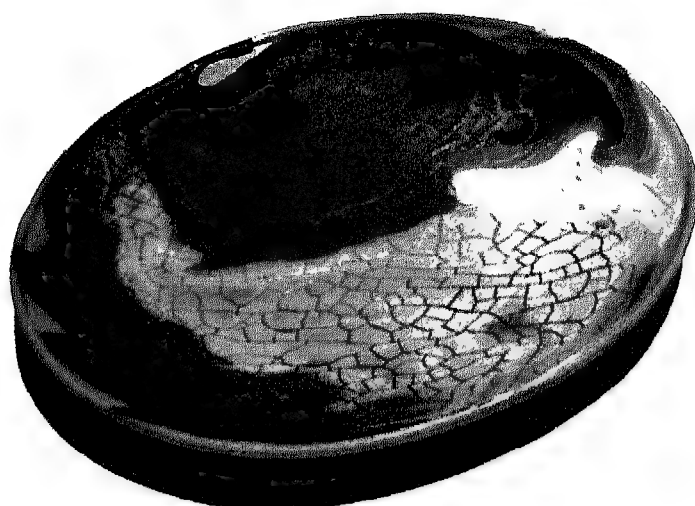




تطبيق (18)







تطبيق (19)



## نتائج البحث

تنوعت النتائج التي توصل إليها البحث تبعاً لمراحل الدراسة والتطبيق التجريبي لها ، ولهذا يمكن تقسيم النتائج إلى ثلاثة أقسام كما يلي :-

### [1] - نتائج تغيير مصادر الخامات .

— الفلد سبار الصوديومي : يعمل على إعتماد الطلاء ويكسبه اللون الأبيض كما أنه يساعد على ظهور تجميع واضح في معظم العينات التي يدخل في تركيبها كمصدر لأكسيد الصوديوم .

— الفلد سبار البوتاسيومي : عند استخدامه في الطلاء كمصدر لأكسيد البوتاسيوم فإنه يساعد على زيادة لمعان وشفافية الطلاء ، كما أنه يساعد على ظهور التصدع عندما تزيد نسبة في التركيبة .

— الكاولين : من الخامات التي إذا زادت نسبتها في الطلاءات ساعد ذلك على ظهور التجميع .

— بالرغم من أن الطلاء الخالي من الكاولين يكون له قوام سائل جداً ، إلا أن عملية الطحن الزائد أو وجود أكسيد مثل أكسيد الصوديوم بنسبة كبيرة في خلطة هذا الطلاء يؤدي إلى حدوث التجميع .

— كربونات البوتاسيوم : في درجات الحرارة العالية  $1230^{\circ}\text{C}$  ،  $1200^{\circ}\text{C}$  وفي درجات الحرارة  $1140^{\circ}\text{C}$  تؤدي إلى إعتماد الطلاء وإكسابه اللون الأبيض وتساعد على الإنصهار ولها تأثير جيد على ظهور تأثير التجميع ، أما في درجة الحرارة  $1100^{\circ}\text{C}$  فإنها تزيد من حرارية الطلاء وبالتالي لا ينضج عند درجة حرارة العادية ، وتزيد مقاومة السطح لظهور أي تأثيرات .

— كربونات المغنسيوم : أفضل تأثيراتها في درجة الحرارة المتوسطة  $1140^{\circ}\text{C}$  ، ففي هذه المجموعه نجد أن لها تأثير جيد في اللمعان والعنانه والتصدع والتجميع ، أما في درجات الحرارة  $1230^{\circ}\text{C}$  ،  $1200^{\circ}\text{C}$  ،  $1100^{\circ}\text{C}$  فإنها تؤدي إلى إعتماد الطلاء ولها تأثير طفيف على ظهور التصدع والتجميع .

— البوراكس : يساعد على إنصهار الطلاء ويزيد لمعانه ويساعد في الحصول على تأثيرات شيقة من التجميع والتصدع على أرضية شديدة اللمعان .

## [2] - نتائج الإعداد والتحضير وطريقة التطبيق .

— كمية الماء المضاف إلى الطلاء أثناء الخلط ، وتوقيت إضافة هذا الماء ، وكيفية إضافته دفعة واحدة أو على دفعات ، كل ذلك يؤثر في مظهر الطلاء النهائي في حالة التجميع .

— عندما يتم تطبيق الطلاء الخام بالسكب فإن شكل فوهة الإناء الحاوي للطلاء وطريقة سكب الطلاء الزائد بعد التطبيق يؤثر على شكل وحركة الملمس الناتج في الطلاء المتجمع .

— درجة جفاف الجسم عند تطبيق الطلاء تؤثر في النتيجة النهائية للطلاء المتجمع ، فإذا تم التطبيق في مرحلة الجفاف التام فإن ذلك يزيد أثر قوة إمتصاص الجسم لطبقة الطلاء أثناء الجفاف مما يؤدي إلى تشققها ، أما إذا تم التطبيق والجسم رطب فإن طبقة الطلاء تكون تحت قوى الإنضغاط أثناء الجفاف مما يؤدي إلى تشقيرها من على الجسم .

— يظهر التجميع دائماً في الطلاءات عند زيادة الطحن بحيث يمر معلق الطلاء من منخل 10000 فتحة في البوصة الطولية بدون أي راسب . أما عندما يزيد سمك طبقة الطلاء أثناء التطبيق فإن ذلك لا يؤدي إلى حدوث التجميع في كل الحالات .

## [3] - نتائج تغيير الإضافات الخاصة باللون في درجة حرارة 1230° م .

— الأكاسيد المعدنية والصبغات الخزفية الملونة لم تؤثر على ملمس الطلاء في كل الأحوال ، فعند استخدام أكسيد الكوبالت بنسبة 1% والصبغة الملونة ذات اللون التركوازي بنسبة 3% لم يتغير مظهر التجميع الناتج عن مظهره في الطلاء الخالي من الملونات إلا في زيادة اللعان .

— أما عند استخدام كلاً من أكسيد النحاس ، الحديد ، المنجنيز بنسبة 3% فقد تغير ملمس الطلاء الذي كان يتجمع ، وأصبح طلاء به بثور وغليان وقوب وحفر نتيجة لزيادة إنصهار وغليان الطلاء وإقترابه من الحالة المتبخرة .

— عند تطبيق الطلاء غير الملون ، أو الطلاء الذي أضيفت إليه مواد التلوين والذي سيتجمع بعد الحريق ، يتشقق الطلاء الخام بنفس الخطوط التي ستظهر بعد الحريق تقريباً .

— الطلاء الملون الذي تظهر به الحفر والتقوب بعد الحريق يتشقق أيضاً أثناء التطبيق ، مما يعني أن هذا الطلاء يكون متجمعاً في المراحل الأولى من الحريق ومع ارتفاع درجة الحرارة يبدأ هذا التجميع في الانصهار والتلاشي بسبب الفعل الصهار للأكاسيد المعدنية المستخدمة في التلوين .

— عند استخدام أكاسيد النحاس والحديد في تلوين الطلاء الذي كان يتجمع بدون استخدام الملونات يصبح مظهره بعد الحريق غني بالبثور والغليان ، ويكون هناك أثر خفيف ملحوظ لوجود مساحات مرتفعة وأخرى منخفضة تعبر عن الملمس الأصلي للطلاء وهو التجميع .

— أما عند استخدام ثاني أكسيد المنجنيز بنفس نسبة كلاً من أكسيد النحاس والحديد في تلوين نفس الطلاء يكون ملمس الطلاء النهائي ملئاً بالتقوب الإبرية والحفر وهي مرحلة متطورة من البثور والغليان ، ويزيد حجم التقوب والحفر كما يتلاشى أي أثر لوجود التجميع في الطلاء بالرغم من ظهور التشققات في الطلاء الجاف والتي تعتبر مؤشر لظهور التجميع في الطلاء النهائي .



## مراجع البحث

- 1 — أيمن علي جودة (دكتور) "نظم إنتاج أولفي طهو خزفية من خامات محلية" رسالة دكتوراة ، جامعة حلوان ، كلية الفنون التطبيقية ، القاهرة ، 2000 .
- 2 — برنارد ماير "الفنون التشكيلية وكيف ننوqها" ، ترجمة سعد المنصوري (دكتور) ، ومسعد القاضي (دكتور) ، مكتبة النهضة ، القاهرة ، 1958 .
- 3 — جمال الدين أحمد عبد الله عبود (دكتور) "تأثير حجم حبيبات للمواد الخام المصرية على خواص الطلاءات الزجاجية وإمكانية تطبيقها على البلاطات الخزفية المنتجة كماً" رسالة دكتوراة ، جامعة حلوان ، كلية الفنون التطبيقية ، القاهرة ، 1980 .
- 4 — سهير صلاح الدين الشامي (دكتور) "أساليب تصميمية للطلاءات الزجاجية البللورية وإمكانية تطبيقها على المنتجات الخزفية" رسالة دكتوراة ، جامعة حلوان ، كلية الفنون التطبيقية ، القاهرة ، 1993 .
- 5 — سهير صلاح الدين الشامي (دكتور) "التأثيرات اللونية في الطلاء الزجاجي وعلاقتها بالجسم الخزفي في درجة حرارة من 950°م - 1050°م" رسالة ماجستير ، جامعة حلوان ، كلية الفنون التطبيقية ، القاهرة ، 1985 .
- 6 — صفوت التهامي محمود علي (دكتور) "إستخدام طينات مصرية مناسبة لإنتاج طلاءات زجاجية" رسالة دكتوراة ، جامعة حلوان ، كلية الفنون التطبيقية ، القاهرة ، 2001 .
- 7 — ف. هـ. نورتن "الخزفيات للفنان الخزاف" ترجمة أ / سعيد حامد الصدر ، وأ / عبد العزيز بحيري ، مؤسسة فرانكلين للطباعة والنشر ، القاهرة ، نيويورك ، 1987 .
- 8 — هنري هودجز "الخزفيات" ترجمة محمد يوسف بكر (دكتور) ، سلسلة الثقافة العلمية الميسرة "هامن" تصدر عن معهد الإنماء العربي ، بيروت ، لبنان ، 1981 .
- 9 — وجيه السيد قابيل (دكتور) "تكنولوجيا الطلاءات الزجاجية" ، كلية الفنون التطبيقية ، 1972 .

- 10 – **Behrens , Richard** , “ Glaze Projects “ Ceramic Mounthly hand book , Nohthwest Boulevard , Columbus , 1992 .
- 11 – **Birks , Tony** , “ Pottery “ , Pan books Ltd , , London, Sydny , 1979 .
- 12 – **Cooper , Emmanuel & Royle , Derk** “ Glazes for the Studio Potter” , printed in great Britain – the Ancor Brendon Ltd , Tiptree , Essex ,BT Batsford limited London ,1978 .
- 13 – **Crebanier , Joseph** “ Chinese StoneWare Glazes” , Pitman Publishing , London , 1975 .
- 14 – **Clark, Kenneth** “ Practical Pottery and Ceramics “ , studio vista publishers , 1972 .
- 15 – **Fraser , Harry** , “ Ceramic Faults and Their Remedies “ , A and C Black , London , 1994 .
- 16 – **Fournier , Robert** , “Illustrated Dictionany of Practical Pottery“ A and C Black limited , London , 1992 .
- 17 – **Fraser , Harry** , “Glazes for The Craft Potter“ , Adam , Charles Black , London , 1979 .
- 18 – **Gartside , Brian** , “Thick and Easy” , Ceramic Review magazine , no 157 , London , 1996 .
- 19 - **Hammer ,Frank and Janet** , "The Potter's Dictionary Of Materials and Techniques", Pitman Publishing , London , repinted, 1991
- 20 – **Hopper , Robin** , “The Ceramic Spectrum” , Chilton Book Company , Radnor , Pennsylvania , 1984 .
- 21 – **Hobson , R.L** , ”Chinese Pottery and Porcelain” Dover publications , I N C New York 1976 .
- 22 – **Negrosh , Leonel** , “Clay Work. Form and Idea in Ceramic Design” , Hendrick long Publishing Company , 1975 .



- 23 – **Nelson , Glenn C** , “Ceramics“ , Holt , Renihart and Winston ,  
Inc , U.S.A , 1960 .
- 24 – **Norton , F . H** , “ Cramics for The Artist potter “ Addison  
Wesly publishing company , U.S.A . Second edition , 1956 .
- 25 – **Peterson, Susan** , “ The Craft and the Art of Clay “Lourence  
king publishing , London , 1992 .
- 26 – **Rhodes , Daniel** , “ Clay and Glazes For The Potter “ Chilton  
Book Company , Pennsylvania , Revised edition , 1973 .
- 27 – **Stefanov , Batschwarov** , “Ceramic Glazes“ , Bauverlag Gm  
bH. Wiesbaden und Berlin , 1988 .
- 28 – **White , David** , “Crackle Crazy” , Ceramic Review magazine ,  
no 169 , London , 1998 .



### ملخص البحث

يتناول البحث كيفية الحصول على ملابس سطحية للطلاءات الزجاجية من خلال التحكم في بعض عيوب الطلاءات الزجاجية في مدى حراري من 1100 م حتى 1230 م. — في المقدمة التاريخية نستعرض بعض الأنواع المبكرة من الطلاءات بداية من العجينة المصرية ومروراً بالطلاءات القلوية كالآتي :-

، الطلاءات الرصاصية.

، طلاءات الرماد.

، الطلاءات الطينية.

، الطلاءات الفلدسباريه.

، طلاءات البخار.

الباب الأول: يقدم تصنيف للطلاءات الزجاجية من خلال بعض خواص الطلاء مع توضيح القيمة الجمالية للطلاءات الزجاجية .

الفصل الأول:- تصنيف الطلاءات الزجاجية تبعاً لعدة خواص للطلاء :-

أولاً: التصنيف تبعاً لدرجة الشفافية.

ثانياً: التصنيف تبعاً لدرجة اللمعان.

ثالثاً: التصنيف تبعاً للون.

رابعاً: التصنيف تبعاً لملمس السطح .

الفصل الثاني:- يتناول مواد الفن و لقيمة الجمالية للطلاءات الزجاجية من خلال:-

أولاً: الخط.

ثانياً: اللون

ثالثاً: الملمس.

الباب الثاني:- يتناول كيفية حدوث بعض عيوب الطلاءات الزجاجية كما يتناول الأسباب العامة التي تؤدي إلى حدوثها.

الفصل الأول: يستعرض بعض عيوب الطلاءات الزجاجية من خلال تعريفها، وأنواع الطلاءات أو الأجسام التي تساعد على ظهورها، والأسباب والعوامل التي تؤدي إلى حدوثها ويقدم العيوب الآتية:-

- 1- التجميع
- 2- التصدع
- 3- التشقق
- 4- البثور والغليان
- 5- النقوب الأبرية والحفر
- 6- التقشير
- 7- التشطي
- 8- الإنتفاخ
- 9- التخريز

الفصل الثاني: يتناول الأسباب العامة التي تؤدي إلى ظهور عيوب في الطلاءات الزجاجية والتي تنشأ بسبب :

- تركيب الطلاء.
- الطحن غير الصحيح للطلاء.
- الترسيب في معلق الطلاء.
- تطبيق الطلاء.

الباب الثالث:- يتناول المواد الخام والأكاسيد المعدنية التي تدخل في تركيب الطلاءات الزجاجية محل الدراسة وأثرها في المحصول على ملامس للطلاءات الزجاجية.

الباب الرابع: يتناول الجانب العملي للبحث من خلال:

أولاً: حساب المعادلات الأولية للبحث من خلال جداول توضح المعادلة الأولية الأساسية لكل مجموعة والإحالات التسع التي تمت عليها مع رقم التجربة التي تعبر عن كل إحلال .

ثانياً: التطبيقات وجداول تعبر عن كل إحلال في كل مجموعات البحث مع توضيح مواصفات التشغيل لبعض العينات الناجحة.

ثالثاً: توصيف لبعض النتائج الفنية للبحث.

- Blistering & Boiling
  - Pinholing & Pitting
  - Peeling
  - Shivering
  - Bloating
  - Bittiness
- 
- Third part; demonstrates the main factors that cause defects in glazes.
  - Third chapter . A review of the raw materials and oxides incorporated in glaze temprature on displayed in this chapter .
  - Fourth chapter: Reports the scientific aspect of the work` .

Comprising based on the basic formulae of glaze composition, calculation of the selectes glazes were carried out. Nine modifications were also carried out and were experiments on the selected body.

The most successful selectes were chosen and diplayed .

## **Summary**

This work deals with how to obtain surface texture from ceramic glazes through controlling of defects within temperature of between 1100° C to 1230° C

- The introduction deals with the historical part of the review ,thus it includes the earliest types of glazes ;
  - Egyptian paste to alkaline glazes
  - Lead glazes
  - Ash glazes
  - slip glazes
  - Feldspathic glazes
  - Vapor glazes
- The first chapter, provides a classification of glaze textures, illustrating the aesthetic value developed from them, including :
  - \* classification according to transparency.
  - \* classification according to brightness.
  - \* classification according to color.
  - \* classification according to smoothness.
- It also deals with the aesthetic value displayed by the texture ; composition , line and colour .
- Second chapter : demonstrates the causes of glaze defects, showing of glaze type as well as factors that cause the appearance of these defects .

Types of glaze defects :

- Crawling
- Crazing
- Crackling



**Helwan University  
Faculty of Applied Arts  
Ceramic Department**

**Controlling of Glaze's treatment to produce Textures  
on Art Ware products**

**Thesis  
Submitted for Ph.M.degree in Applied Arts  
(Ceramic)**

**Submitted By  
Lobna Mohamed Ahmed Elshoura**

**Supervisors**

**Prof.Dr  
Omar Mhamed Abd Elaziz  
Professor of the Ceramics Department**

**Assistant Prof.Dr  
Sohir Salah Elshamy  
Professor of the Ceramics Department**

**2002**









